सरल साज़-सामान से वैज्ञानिक प्रयोग

विज्ञान-शिक्षण के लिए
यूनेस्को का आकर ग्रन्थ

अनुवादक

डॉ० गोरख नाथ डी० एस-सी० (एडिन)

प्रकाशन विभाग

सूचना और प्रसारण मन्त्रालय

भारत सरकार

अग्रहायण 1885 (दिसम्बर 1963)

मूल्य—6·00 रुपये

संयुक्त राष्ट्र संघ शिक्षा विज्ञान और संस्कृति संस्था द्वारा अंग्रेजी में प्रकाशित 'यूनेस्को सोर्स बुक फार सायंस टीचिंग' का यह हिन्दी संस्करण यूनेस्को के भारतीय राष्ट्रीय आयोग के सहयोग से प्रकाशित किया गया।

निदेशक, प्रकाशन विभाग, पुराना सचिवालय, दिल्ली-6, द्वारा प्रकाशित
तथा प्रबन्धक, भारत सरकार मुद्रणालय, फरीदाबाद, द्वारा मुद्रित

हिन्दी अनुवाद के सम्बन्ध में

यह पुस्तक यूनेस्को द्वारा अंग्रेजी में प्रकाशित 'यूनेस्को सोर्स बुक फार सायंस टीचिंग' का हिन्दी रूपान्तर है। अनुवाद की भाषा सरल रखी गई है। पारिभाषिक शब्द यथासम्भव वे ही रखे गए हैं जो केन्द्रीय सरकार के शिक्षा मन्त्रालय द्वारा प्रस्तावित अथवा स्वीकृत किए गए हैं। मूल पुस्तक में कई स्थानों पर ऐसी सामग्री का उल्लेख है जो भारत में दुष्प्राप्य है। जहां सम्भव हो सका है, वहां भारतीय सामग्री का उल्लेख कर दिया गया है। कोष्ठकों में अनुवादक के निजी सुझाव रख दिए गए हैं। पुस्तक में जो आठ-दस त्रुटियां मिली हैं, उनका सुधार कर दिया गया है।

—अनुवादक

विषय-सूची

प्राक्कथन

संसार भर की पाठशालाओं में पाठ्य-विषय के रूप मे विज्ञान का अपना अलग ही स्थान है। कारण यह है कि विज्ञान का शिक्षण सफलतापूर्वक करने के लिए हमें विविध सामग्री और प्रयोगों की आवश्यकता पड़ती है। यदि पेंसिल, कागज़, श्यामपट्ट, पाठ्य-पुस्तकें और कुछ अनुपूरक साधन आदि उपलब्ध हों, तो अधिकांश अन्य विषय सिखाए जा सकते हैं। विज्ञान के शिक्षण के लिए भी ये साधन आवश्यक हैं, परन्तु यदि केवल इतने ही साधन प्राप्त हों तो विज्ञान एक नीरस और अरोचक विषय हो जाता है।

यदि विज्ञान को सफलतापूर्वक सीखना है तो इसका अनुभव करना आवश्यक होगा। विज्ञान को सीखना आवश्यक है न कि विज्ञान के बारे में जानना। विज्ञान प्रत्येक बालक के इतना निकट है कि इसके अध्ययन को पाठ्य-पुस्तकों के पढ़ने और व्याख्यान सुनने तक ही सीमित रखना उपयुक्त न होगा। संसार में हम जहां भी जाएं, हम देखेंगे कि विज्ञान पर्यावरण का अर्थात् जीवित प्राणियों, पृथ्वी तथा आकाश, वायु तथा जल, उष्मा तथा प्रकाश, और अन्य शक्तियों यथा गुरुत्व बल का अभिन्न अंग है। कोई कारण नहीं कि कोई भी शिक्षक विज्ञान के अध्ययन से सम्बन्धित नूतन सामग्री से वंचित रहे।

विज्ञान को उत्तम रीति से पढ़ाने के लिए प्रेक्षण और प्रयोगों का सहारा लेना आवश्यक है। इनके बदले किसी अन्य रीति से काम नही चल सकता। परन्तु प्रयोग करने और सूक्ष्म प्रेक्षण सीखने के लिए विशेष सुविधाओं की आवश्यकता पड़ती है, और संसार के कई भागों में, विशेषकर प्रारम्भिक और आद्य माध्यमिक स्कूलों में, ये प्राप्त नहीं होतीं। परिणाम यह होता है कि इन स्थानों मे विज्ञान-शिक्षण को बड़ी विषम परिस्थितियों का सामना करना पड़ता है। अधिकतर लोगों की यह धारणा है—यद्यपि यह असत्य है—कि प्रयोगशालाओं की सहायता से शिक्षण देने में, चाहे यह प्रारम्भिक स्तर पर ही क्यों न हो, व्यावसायिक निर्माताओं द्वारा बनाए गए जटिल उपकरणों की आवश्यकता पड़ती है। इस प्रकार की सामग्री अधिकांश प्रारम्भिक और आद्य माध्यमिक स्तर के शिक्षण के लिए इतनी महंगी पड़ती है कि उनकी चर्चा ही व्यर्थ है, और संसार के कई भागों में ऐसी सामग्री एकदम अप्राप्य है, क्योंकि न तो वह वहां बनती ही है और न अधिक मूल्य के कारण बाहर से मंगाई ही जा सकती है।

द्वितीय महायुद्ध के अन्त मे बहुत-से देशों में अनेकों पाठशालाएं नष्ट हो चुकी थीं। जब ये पाठशालाएं फिर से पनपने लगीं तो उन्हें वैज्ञानिक साज-सामान की बड़ी आवश्यकता पड़ी। कारण यह था कि इन देशों में प्रेक्षण और प्रयोगों के आधार पर विज्ञान की शिक्षा देने की परम्परा थी। इस आवश्यकता की पूर्ति के लिए, यूनेस्को ने एक छोटी-सी पुस्तक प्रकाशित करने का उत्तरदायित्व लिया। इसका शीर्षक था : **सजेशन्स फार सायंस टीचर्स इन डिवेस्टेटिड कण्ट्रीज़** (उजड़े देशों में विज्ञान-शिक्षण के लिए सुझाव)। इस पुस्तक के लेखक थे श्री जे० पी० स्टीफेनसन (विज्ञान-शिक्षक, सिटी ऑफ लण्डन स्कूल, यूनाइटेड किंगडम)। उजड़े देशों के लिए तो यह अत्यन्त उपयोगी सिद्ध हुई ही, परन्तु साथ ही उन क्षेत्रों में भी इसे आश्चर्यजनक सफलता मिली जहां पहले साज़-सामान कम अथवा कुछ भी नहीं थे। इस पुस्तक मे सरल सामग्री से साज़-सामान बनाने और उनके उपयोग पर बल दिया गया है, इसलिए इस पुस्तक ने उन देशों में एक बड़ी आवश्यकता की पूर्ति की है जहां शिक्षक यह अनुभव करने लगे हैं कि छोटी-से-छोटी कक्षाओं में भी वैज्ञानिक प्रयोगों को स्वयं करना आवश्यक है। पुस्तक के कई संस्करण निकल चुके हैं, और इसका अनुवाद फ्रेंच, स्पैनिश, चीनी, थाई और अरबी भाषाओं में हो चुका है।

विज्ञान-शिक्षण के लिए यूनेस्को का आकर ग्रन्थ

पिछले कुछ वर्षों में, यूनेस्को ने उन क्षेत्रों में, जहा सरल साज-सामान के निर्माण और उपयोग की अधिक आवश्यकता है, कई विज्ञान-शिक्षण विशेषज्ञों को सहायतार्थ भेजा है। इन विशेषज्ञों को स्टीफेनसन की पुस्तक में सुझाए गए प्रयोगों को और सामग्री को बनाने और उनका परीक्षण करने का अवसर मिला है। उनको ऐसी अन्य सामग्री का पता लगाने तथा ऐसे अन्य प्रयोगों की युक्ति जानने का भी अवसर मिला है, जो उष्ण देशों के लिए अधिक उपयुक्त हैं। स्टीफनसन की पुस्तक ऐसे देशों के लिए नही लिखी गई थी। इन क्षेत्र-विशेषज्ञों के काम और साथ ही स्टीफेनसन की पुस्तक के कारण सरल उपकरणों और वैज्ञानिक प्रयोगों के सम्बन्ध में एक विशाल जानकारी (ज्ञान-राशि) सम्मुख आई, जिसे एक पुस्तक में संकलित करके वर्णन करना आवश्यक हो गया। इसी आवश्यकता के फलस्वरूप 'यूनेस्को सोर्स बुक फार सायंस टीचिंग' (विज्ञान-शिक्षण के लिए यूनेस्को का आकर ग्रन्थ) की रचना के लिए प्रेरणा मिली है।

इस पुस्तक मे संकलित सामग्री के प्राप्ति सूत्रों की यथोचित अभिस्वीकृति पृष्ठ 7 पर है।

यह मान कर कि किसी भी आधुनिक शिक्षा-प्रणाली मे विज्ञान और समस्या-समाधान की वैज्ञानिक रीति को महत्वपूर्ण स्थान मिलना चाहिए, और इस आशा से कि यह पुस्तक सभी जगहों के विज्ञान-शिक्षकों को अपने महत्वपूर्ण कार्य में सहायता पहुंचाएगी, यूनेस्को इसे प्रस्तुत कर रहा है। यहां यह दृष्टिकोण अपनाया गया है कि विज्ञान पूरी सफलता के साथ तभी सिखाया और सीखा जा सकता है, जब शिक्षक और छात्र, दोनों सामूहिक तथा व्यक्तिगत अध्ययन के द्वारा समस्या-समाधान करने का अभ्यास करें। प्रयोग करने और उनके लिए सरल उपकरणों मे और भी सुधार करने के काम को अध्ययन का महत्वपूर्ण अंग समझा जाना चाहिए। इस प्रकार इस पुस्तक में प्रायः सभी देशों में साधारणतः पाई जाने वाली सामग्री से अनेक छोटे-मोटे उपकरण बनाने की विधि बताई गई है। इसमे विज्ञान के सैंकड़ों प्रकार के प्रयोग हैं, जिनमें से शिक्षक उन प्रयोगो को चुन सकता है जो प्रेक्षण के द्वारा बालकों को सफल ज्ञान देने में सबसे अधिक उपयुक्त हों।

स्वयं बनाए गए इन उपकरणों को कभी कामचलाऊ-मात्र नही समझना चाहिए। यहा प्रयोग करने और उपकरण बनाने के जो अभ्यास दिए गए हैं, वे विज्ञान-शिक्षण की सर्वोत्तम परम्परा में हैं। विज्ञान के महान् आचार्यों में से अनेक ने इस प्रकार के स्वयं बनाए गए उपकरणों का उपयोग किया है और बड़े आविष्कारों में से अनेक इसी प्रकार के यन्त्रों से हुए हैं।

इस पुस्तक के लिए पूर्णता का कोई दावा नही किया जा सकता। उपलब्ध सामग्री की प्रचुरता के कारण यह निर्णय करना कठिन हो गया कि क्या चुना जाए और क्या छोड़ा दिया जाए। परन्तु आशा की जाती है कि प्रस्तुत पुस्तक पथ-प्रदर्शक का काम करेगी और शिक्षक तथा छात्रों को प्रेरणा देगी कि वे अपनी विज्ञान सम्बन्धी समस्याओं को स्वयं चुनें और तब अपने-अपने स्थान पर उपलब्ध सामग्री से प्रयोगों के लिए आवश्यक उपकरण बनाएं।

कृतज्ञता-प्रकाशन

विज्ञान विश्वव्यापी है और यह सीमाओं में बंधना नहीं जानता। कई देशों के कार्यकर्ताओं ने मानव-विमुख जगत से मानव-ज्ञान के इस विस्तृत भण्डार को एकत्र किया है। यह बहुत ही उचित और उपयुक्त है कि इस पुस्तक—'विज्ञान-शिक्षण के लिए यूनेस्को का आकर ग्रन्थ'—में अनेक देशों के अनुभवी विज्ञान-शिक्षकों के कार्यों का संग्रह किया गया है। मिल-जुल कर अनुभवों का लाभ उठाने से ही विज्ञान-शिक्षण की उन्नति हो सकती है और उसमें आगे बढ़ने की शक्ति आ सकती है।

जिन लोगों ने इसके निर्माण में योग दिया है, उन सबका उल्लेख करना एकदम असम्भव है। इसमें ली गई अधिकांश सामग्री का स्रोत भूतकाल के गर्भ में और सभी जगहों के विज्ञान-शिक्षकों के सम्मिलित दाय का एक अंग बन गया है। उन लोगों में से, जिनके लेखों से प्रत्यक्ष रूप से यह ग्रन्थ सम्भव हो सका है, लण्डन स्कूल के प्रोफेसर जे० पी० स्टीफेनसन का सर्वप्रथम उल्लेख करना चाहिए। उनके और उनके सहयोगियों के हम ऋणी हैं; हमने उनके लिखे और यूनेस्को द्वारा पूर्व प्रकाशित 'सजेशन्स फार सायस टीचर्स इन डिवैस्टेटिड कण्ट्रीज़' से बहुत-सी सामग्री ली है। विज्ञान-शिक्षण पर इस छोटी पुस्तक का विश्वव्यापी प्रभाव पडा है और विज्ञान-शिक्षण सम्बन्धी साहित्य में वह एक उच्चकोटि की पुस्तक मानी गई है।

निम्नलिखित सज्जन भी धन्यवाद और प्रशंसा के पात्र हैं :

मेरीलैण्ड यूनिवर्सिटी के डाक्टर ग्लेन ब्लाउ और यूनाइटेड स्टेट्स शिक्षा कार्यालय, वाशिंगटन, डी० सी०, के डाक्टर पाल ब्लैकवुड, जिन्होंने प्राथमिक विज्ञान-शिक्षण पर संयुक्त रूप से लिखी गई अपनी दो पुस्तिकाओं से कुछ अंश लेने की अनुमति प्रदान की; नेशनल सायंस टीचर्स एसोसिएशन, उसके मन्त्री श्री राबर्ट कार्लटन और उनके द्वारा नेवार्क टीचर्स कालेज के श्री गाई ब्रस, जिन्होंने अपनी लेख-माला 'सायंस टीचिंग टूडे' (आज का विज्ञान-शिक्षण) से सामग्री लेने की उदारतापूर्वक अनुमति दी; और न्यूयार्क के प्रान्तीय शिक्षा विभाग को, जिसने अपने प्रकाशन 'दि जनरल सायंस हैण्डबुक (सामान्य विज्ञान की लघु पुस्तिका), खण्ड 1 और 2, दोनों से सामग्री लेने की अनुमति दी।

दिसम्बर 1956 में 'यूनेस्को सोर्स बुक फार सायंस टीचिंग' पहली बार प्रकाशित हुई थी। तब से अनेक बहुमूल्य टिप्पणियां और सुझाव प्राप्त हुए हैं, और संसार के सभी भागों में पत्र-पत्रिकाओं में इसकी समालोचनाएं छपी हैं। इनके परिणामस्वरूप प्रत्येक पुनर्मुद्रण में छोटे-मोटे परिवर्तन किए गए हैं। अंग्रेजी में यह चतुर्थ मुद्रण है, फ्रेंच संस्करण दूसरी बार छप रहा है और अन्य भाषाओं में शीघ्र ही अनुवाद छपने वाले हैं।

निम्नलिखित व्यक्तियों ने उपयोगी सुझाव भेजे हैं :

शिक्षा विभाग, क्वीन्सलैण्ड यूनिवर्सिटी, आस्ट्रेलिया, के डाक्टर एफ० ज० ओलसेन, जो आस्ट्रेलियन सायस टीचर्स एसोसिएशन के भूतपूर्व सभापति भी हैं, लण्डन यूनिवर्सिटी के इंस्टीट्यूट आव एजुकेशन के डाक्टर डब्ल्यू० लोवार्च और फिलीपीन में विज्ञान-शिक्षण की एक भूतपूर्व यूनेस्को विशेषज्ञा डाक्टर बीडा रिसबर्ग।

इस पुस्तक का उद्देश्य

संसार में ऐसे अनेक स्थान है जहां विज्ञान सिखाने के लिए सुविधा और उपकरण, दोनों ही की कमी है। ऐसे स्थान उन क्षेत्रों में भी है जहा विज्ञान का उपयोग अधिक विकसित है, तथा अन्य क्षेत्रो में भी। यह ग्रन्थ इसलिए लिखा गया है कि प्रेक्षण और प्रयोग का अधिकाधिक आश्रय लेकर पाठशालाओं और शिक्षण-संस्थाओं में सर्वत्र विज्ञान के शिक्षण की उन्नति करने की प्रवृत्ति को प्रोत्साहन दिया जाए।

मूल उद्देश्य संक्षेप मे निम्नलिखित है :

1. शिक्षक-प्रशिक्षण संस्थाओं मे विज्ञान सिखाने की रीतियों के लिए एक आधार प्रस्तुत करना ताकि शिक्षण-कार्य अधिक उन्नत हो सके।
2. प्रारम्भिक और माध्यमिक पाठशालाओं के विज्ञान-शिक्षकों के लिए विद्यार्जन सम्बन्धी अनुभवों और सामग्री को लेकर एक उपयोगी आकर ग्रन्थ बनाना।
3. अध्यापन में लगे शिक्षकों को प्रशिक्षण देने वाली कर्मशालाओं (वर्कशाप्स) तथा पाठ्यक्रमों को ध्यान मे रख कर एक ऐसा ग्रन्थ प्रस्तुत करना, जिसको विज्ञान-शिक्षण की रीतिया सिखाने के लिए थोड़ा-बहुत आधार बनाया जा सके।
4. शिक्षण-सामग्री का ऐसा समूह एकत्र करने के लिए आधार प्रस्तुत करना जो अन्य संस्थाओं को मंगनी दिया जा सके और जिसमे विज्ञान सम्बन्धी सरल उपकरण हों।
5. सायंस क्लबों तथा विज्ञान सम्बन्धी अन्य अध्यवसायी कार्यों के लिए कुछ मार्गदर्शी सामग्री उपस्थित करना।
6. एक माडल या ढाचा उपस्थित करना, जिसका आयोजन और विकास इस प्रकार हुआ हो कि वह अनेक देशों मे वहां की विज्ञान-शिक्षण की परिस्थितियों के अनुसार सुगमता से अपनाया जा सके और वहां की राष्ट्रभाषा में अनूदित हो सके।

इस पुस्तक के उपयोग के लिए कुछ सुझाव

शिक्षक-प्रशिक्षण संस्थाओं में

प्रशिक्षण पाने वाले तरुण शिक्षक, विज्ञान को सफलतापूर्वक सिखाने की पद्धति कालेजों में व्याख्यान सुनने से ही नहीं सीखते, आगे चल कर कक्षा में आने वाली अनेक समस्याओं का समाधान करना उन्हे अपने शिक्षण-काल में ही थोड़ा-बहुत सीखना चाहिए। सामान्य रीति के शिक्षण-क्रम की अपेक्षा विज्ञान-शिक्षण पर विशेष ध्यान देना चाहिए—कारण यह है कि स्कूलों की पाठ्यचर्या में विज्ञान एक अपूर्व विषय है, क्योंकि इसमे विशेष सामग्री, उपकरण और कार्य-प्रणाली का उपयोग होता है। यदि विज्ञान-शिक्षण का स्तर ऊंचा करना है, तो विज्ञान-शिक्षण की तकनीक का प्रत्येक शिक्षक-प्रशिक्षण कालेज की पाठ्यचर्या में एक विशेष पाठ्यक्रम रहना चाहिए।

विज्ञान-शिक्षण की विधियों के पाठ्यक्रम में प्रयोगात्मक अर्थात् प्रयोगशाला सम्बन्धी कार्य अधिक होना चाहिए, जिसमें तरुण शिक्षकों को यह सिखाया जाए कि जहा वे पढ़ाएंगे, उस स्थान में उपलब्ध सामग्री से वे कैसे प्रयोगशाला के लिए सरल उपकरण बनाएंगे तथा उनकी प्रकल्पना, डिजाइन और उनका निर्माण कैसे करेंगे। केवल इसी तरह के शिक्षण से वे प्रेक्षण और प्रयोग द्वारा शिक्षा देने के लिए प्रोत्साहित होंगे।

M14DPD/62—2

इस प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम में तरुण शिक्षक को अपने प्रथम अध्यापन-कार्य की पूर्ति के लिए कई-एक उपकरण बनाने का अवसर मिलना चाहिए। उसे शिक्षण-उपकरण-सम्भारों (किट) के प्रधान अंगों का संघटन करना सीखने के लिए भी प्रोत्साहित करना चाहिए।

विज्ञान-शिक्षकों के लिए आकर ग्रन्थ

अनेक शिक्षक, जिन्हें कभी विज्ञान के अध्ययन का अवसर नहीं मिला है, विज्ञान पढ़ाने से डरते हैं। इस हिचक का कारण बहुधा यह होता है कि वे या तो उपकरण सघटित करना नहीं जानते या फिर उनके पास इसके विशिष्ट अध्ययन का अनुभव नहीं रहता। ऐसे शिक्षक इस पुस्तक को आवश्यक सरल उपकरण बनाने की विधियों का ज्ञान-स्रोत और साथ ही विज्ञान की पाठ्यचर्या का प्रायः कोई भी अंग पढ़ाने के लिए विविध अध्यापन-अनुभवों का भण्डार भी समझ सकते हैं। इस प्रकार उनकी पढ़ाई अधिक सफल और उन्नतिशील हो जाएगी।

यह पुस्तक विज्ञान के लिए छात्रों की रुचि का स्तर ऊंचा करने और उसे बनाए रखने में भी सहायता दे सकेगी। बालक स्वभाव से ही प्रयोगात्मक कार्यों में रुचि लेते हैं। वे जानना चाहते हैं कि घटनाएं क्यों होती हैं और अपनी कल्पनाओं को वे कार्य-रूप में ढालना चाहते हैं। पाठशाला के बाहर भी बच्चे बराबर प्रयोग करते रहते हैं। अनेक बच्चे उपकरण बनाने में सहायता, और कक्षा में प्राप्त अनुभवों का परीक्षण करना चाहेंगे।

जिन उपकरणों के बारे में यहां सुझाव दिए गए हैं, उनकी रचना में तथा भावी प्रयोगों के लिए उपयोगी उपकरण सम्भार (किट) बनाने में छात्र-समितियों की सहायता ली जा सकती है। यदि पाठशाला में कोई कर्मशाला है तो शिक्षक छात्रों को वैज्ञानिक उपकरण-निर्माण के लिए कोई विशेष प्रायोजना सौंप कर उनकी सहायता कर सकता है।

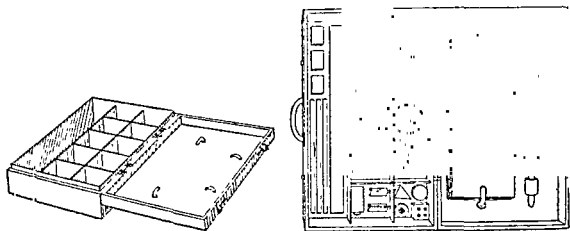
कर्मशाला अध्ययन-सम्मेलन के लिए विज्ञान-शिक्षण के आधार के रूप में

नौकरी में लगे शिक्षकों के प्रशिक्षण के लिए कर्मशाला अध्ययन-सम्मेलन अब एक प्रतिष्ठित और विस्तृत रूप से प्रयुक्त संस्था है। इस प्रकार के सम्मेलन विज्ञान-शिक्षकों के लिए संसार के कई भागों में हुए हैं। वे शिक्षक, जो इन दिनों पढ़ा रहा हैं, केवल ऐसे ही सम्मेलनों के कारण अपनी शिक्षण-पद्धतियों में उन्नति करने और अपनी वर्तमान अवस्था में परिवर्तन करने के लिए प्रेरित किए जा सकते हैं।

विज्ञान-शिक्षण की रीतियां बनाने और उन प्रयोगशालाओं के काम के लिए, जहां शिक्षकों को मामूली कामचलाऊ उपकरण बनाने की शिक्षा दी जाए, यह पुस्तक एक उपयोगी आधार का काम दे सकती है। अपने इलाके के अन्य शिक्षकों को भी प्रशिक्षित करने के लिए प्रोत्साहन दिया जा सकता है।

विज्ञान-शिक्षण के सरल उपकरण सम्भार का बन्धक संग्रह (लोन लाइब्रेरी) बनाने के लिए आधार भूमि उपस्थित करना

सबसे अच्छा तो यह होगा कि प्रत्येक पाठशाला में ही विज्ञान के विविध अंगों को पढ़ाने के लिए आवश्यक सब सरल उपकरण बना लिए जाएं। परन्तु समय अथवा धन के अभाव के कारण कदाचित् ऐसा सम्भव न हो सके तो दूसरा मार्ग यह है कि प्रयोगों के लिए सरल उपकरणों के सम्भारों को कहीं-कहीं संघटित कर लिया जाए, जो औरों को मंगनी दिया जा सके। प्रत्येक सम्भार को एक मज़बूत पेटी में एकत्र करना चाहिए, जिसमें कब्ज़ेदार ढक्कन हो, और ठीक बन्द किया जा सके; तब इन सम्भारों को किसी केन्द्रीय पाठशाला में रखा जाता है और पड़ोस की पाठशालाओं के शिक्षकों को मंगनी दिया जाता है—बहुत-कुछ उसी तरह जिस तरह, पुस्तकालय से पुस्तकें मंगनी दी जाती हैं। प्रत्येक सम्भार में पेटी के भीतर की सामग्री की सूची रहती है, और प्रयोग करने की विधियों की भी।

कार्य-प्रणाली इस प्रकार है। मान लीजिए कि सम्भार एकत्र करके केन्द्र मे स्थित किसी पाठशाला में रखे गए हैं। सम्भवतः वहा के शिक्षक इस बात का उत्तरदायित्व ले लेंगे कि ये उपकरण-सम्भार अच्छी दशा मे बने रहें और उनके लेन-देन के आवश्यक लेखे रखे जाएं। प्रत्येक उपकरण-सम्भार के लिए एक कार्ड बना लेना चाहिए। अब मान लीजिए कि अमुक पाठशाला का एक शिक्षक आगामी सप्ताह में अपनी कक्षा को चुबकत्व सिखाने की योजना बनाता है। वह उस पाठशाला मे जाएगा, जहा उपकरण-सम्भार रखे हैं। वह एक कार्ड पर लिखेगा कि उसे चुबकत्व सम्बन्धी सम्भार की आवश्यकता कब पड़ेगी और वह उसे कब लौटाएगा। वह सम्भार जिस शिक्षक के पास है, वह इस शिक्षक के कार्ड को लेकर उपकरण-सम्भार वाले कार्ड पर उसका नाम, पाठशाला और तारीख लिख देगा और उसे वह सम्भार दे देगा। तब सम्भार लेने वाला शिक्षक अपनी कक्षा में उपकरण-सम्भार का उपयोग करेगा। काम पूरा होने के बाद सूची से मिला कर सावधानी से सामग्री की जाच की जाती है और अगर कोई चीज टूट-फूट गई हो, तो उसे लिख लिया जाता है। तब उपकरण-सम्भार को संग्रहालय मे लौटा दिया जाता है।

सरल उपकरण-सम्भारो का सग्रहालय बनाने की प्रायोजना कई विधियों से बनाई जा सकती है। एक विधि यह होगी कि ऊपर बताए गए नमूने के अनुसार बढ़ईगीरी की पाठशाला के लड़कों से पेटियां ली जाए या किसी केन्द्रीय स्थान में उपकरण-सम्भार बनाए जाए या सहकारी रीति से प्रत्येक शिक्षक अपने छात्रो सहित एक उपकरण-सम्भार बनाने तथा उसके लिए सामग्री को संघटित करने का उत्तरदायित्व ले।

दूसरी योजना यह होगी कि किसी शिक्षक-प्रशिक्षण संस्था के विद्यार्थियों को पड़ोस की पाठशालाओं के लिए यन्त्र-सम्भार बनाने का कार्य सौंपा जाए।

विज्ञान क्लब के कार्यकलापों के लिए आकर ग्रन्थ

विज्ञान क्लबो के संचालकों के सामने बहुधा यह समस्या खड़ी हो जाती है कि अपने सदस्यों के लिए कौन-सी प्रायोजना और कार्यकलाप निर्धारित करें, जो सचमुच करने-योग्य हों। इस पुस्तक में सुझाई अनेक प्रायोजनाएं और प्रयोग सभी विज्ञान क्लबों की प्रायोजनाओं के लिए उपयुक्त हैं। इनका उपयोग हर आयु के तरुण और अल्पवयस्क कर सकते हैं।

अनेक देशों के लिए वैज्ञानिक सामग्री और कार्यों का आदर्श ढांचा उपस्थित करना

इस पुस्तक का आकार-प्रकार ऐसा रखा गया है और सामग्री इस प्रकार चुनी गई है कि यह प्रायः किसी भी स्थानीय परिस्थिति के लिए उपयुक्त मानी जा सकती है। इसकी पाठ्य-सामग्री और इसके सरल रेखा-चित्र सुगमता से पुनः प्रकाशित किए जा सकते हैं।

सरल उपकरण बनाने के लिए आवश्यक औज़ार

प्रत्येक पाठशाला में, जहां प्रारम्भिक अथवा सामान्य विज्ञान सिखाया जाता है, किसी-न-किसी प्रकार का कार्य-मंच (वर्क-बेंच) होना चाहिए जहां सरल उपकरण बनाए जा सकें। इस काम के लिए किसी भी पुरानी मेज का उपयोग किया जा सकता है। यदि कार्य-मंच के लिए स्थान न हो तो कुछ मामूली तख्तों को आवश्यक नाप का काट कर स्कूल की किसी मेज़ पर रखा जा सकता है। मेज़ को क्षति पहुंचने से बचाने के लिए इन तख्तों के नीचे कपड़े (या समाचारपत्रों) की गद्दी लगाई जा सकती है। कार्य-मंच से ऐसा स्थान मिल जाएगा, जहां आरी और हथौड़ा चलाया जा सके (भारत में तो बहुत-सा काम भूमि पर बैठ कर ही किया जा सकता है)। पर्याप्त मात्रा में पुराने समाचारपत्र प्राप्त होने पर उनका उपयोग फर्श पर बिछा कर किया जा सकता है, विशेषकर जब वस्तुओं की रंगाई करनी हो। नीचे उन सरल औज़ारों की सूची दी जा रही है, जिनकी आवश्यकता सरल उपकरण बनाने में पड़ेगी :—

हथौड़े
छोटे-बड़े पेचकस
प्लास,
लकड़ी काटने की छोटी आरी
लोहा-आरी (हैक)
छोटा रन्दा
लकड़ी वाली रुखानी या छेनी
हाथ बर्मा (ब्रेस) और फल (बिट्स)
बर्मी
टीन काटने की कतरनी
गोल रेती
तिकोनी रेती
चपटी रेती
कलम बनाने की छुरी
मीटर माप
कांच काटने की कलम
संकरी आरी (वक्र काटने की)
डिब्बा खोलने का यन्त्र (टिन-ओपनर)
कपड़ा काटने की कैंची
छोटा बाक (वाइस) जो मेज पर लग सके
निहाई (या लोहे का कोई भारी टुकड़ा)
रेगमाल
बड़ी छुरी
इस्पात का घूआ (स्टील वूल)
चमड़े में छेद करने की सुम्भी (पंच)
कहिया और टांका
छोटे-बड़े रेंच।

सामान और सामग्री

सरल उपकरण बनाने के लिए आवश्यक सामग्री तो स्थान तथा कक्षा के अनुसार बदलती रहेगी, परन्तु कुछ आधारभूत सामग्री तथा उनके प्राप्ति स्थानों का उल्लेख किया जा सकता है।

घर से

विविध नापों के पुराने बरतन (तसले)
थाली और परात, (तामचीनी की)
बड़े चम्मच
चाय के चम्मच
प्यालियां और तश्तरियां
बड़ी तश्तरियां (डिनर प्लेट्स)
गहरी तश्तरियां (सूप प्लेट्स)
बोतलें और शीशियां (विविध आकार तथा नाप की)
विविध नापों के टीन के डिब्बे (ढक्कनदार और बिना ढक्कन के)
कांच के अमृतबान (विविध आकार और नाप के)
बागवानी के औज़ार
दस्ती औज़ार
स्याही की शीशियां

कांच के गिलास
कंघियां
नमकदानिया, जो नमक छिड़कने के लिए होती हैं
साबुन
पुराने बिजली के वल्व
स्याही
तार के कोट-टागने वाले हैंगर
फल रखने के अमृतबान
गमले (फूलों के लिए)
कपड़े टागने के क्लिप
पुराने जूतों का नरम चमड़ा
दूध की बोतलें
धागे वाली लकड़ी की रीलें (खाली)
पुरानी दीवार-घड़िया
रेजर ब्लेड
पुराने विद्युत्-यन्त्र
वाद्य-यन्त्र
विविध प्रकार के कपड़े
ऊर्णाजिन (फर)
समाचारपत्र
कागज के थैले
दात के पुराने ब्रुश,
काग की चटाइयां (जो चायदानी आदि के नीचे रखी जाती हैं)
प्लास्टिक के गिलास या प्यालियां
अलमीनियम तथा प्लास्टिक की नलिकाए (पुरानी पंखयुक्त कलमों से)
दूध की बोतलों के अलमीनियम के बने ढक्कन

लोहे का तथा अन्य सामान बेचने वालों से

विविध नापों की कीलें
विविध नापों के काटे
विविध नापों के पेच
विविध नापों के काबले (बोल्ट) और ढिबरियां
स्क्रू आइज (लोहे के छोटे छल्ले, जिनमें पेच जुड़ा रहता है)
कमानिया
नापने का फीता
डोर (मजबूत और चिकनी)
विविध नापों के स्टेपल
छोटी कीलें
चौड़े सिर वाली छोटी कीलें
तागा और टुआइन
रस्सी—पतली
दर्पण
विविध नापों के काच के अमृतबान
खिड़की में लगाया जाने वाला काच
वाशर
विविध नाप के हुक
टार्च की बैटरिया
टार्च के वल्ब
धातु की चादरें
धातु की छड़ें
तापमापी (थर्मामीटर)
अण्डा फेंटने की फिरकी
मोमबत्तिया
बड़ी बाल्टी
पर्दा टागने की छड़ें
दिक्सूचक—चुबकीय
मिट्टी के तेल वाले लैम्प
लैम्प की चिमनिया
तार की जाली
विविध नाप के काग
धातु और प्लास्टिक की कीपें
रबड़-नलिका
धातु-नलिका
महीन सूइया
मोटी सूइया
बुनने की सलाइयां
तल नापने का यन्त्र (लेवल)
रेगमाल
घिरनियां
तार तानने के पेच (टर्न बकल्स)
इस्पात का घूआ
सरेस तथा चिपकाने का अन्य घरेलू सीमेंट
पीतल, तांबा और लोहे के तार
औज़ार
रबड़ की डाटें

रंगलेप (पेंट)
वार्निश
टार्च (फ्लैश लाइट)
लोहा-आरी के फल (हैक-सा ब्लेड)
कैंची
टीन काटने की कतरनी
धातु की गेंद
लकड़ी की गेंदें
थाली
तेल के डिब्बे
तेल
टीन की प्याली
अलमीनियम की प्याली
पाइरेक्स (अग्नि-सह काच) की तश्तरिया
पाइरेक्स (अग्नि-सह कांच) की बोतलें तथा शीशिया
छोटी चिमटी
कील उखाड़ने का औज़ार
छलनी
स्पिरिट लैम्प की बत्ती
ऐस्बेस्टस की चादरें
बैटरी पात्र
पिनें (आलपिनें)
इष्टिका और डोर (ब्लाक ऐंड टैकल)
जैक पेंच
थरमस बोतलें

मोटरकार-मरम्मत की दुकान से

पुराने रबड़ टायर
पुराने भीतरी ट्यूब (रबड़ के)
भीतरी ट्यूब के वाल्व
पुरानी संचायक बैटरियां (मोटर की)
बैटरी में डालने का अम्ल
पुरानी मोटरकारों का सुरक्षा-कांच (सेफ्टी ग्लास)
स्फुलिंग प्लग (स्पार्क प्लग)
ऐम्मापी (ऐमीटर)
कार्बूरेटर
संगलक (फ्यूज़)
सामने की बत्तियों (हेड लाइट) के वक्र परावर्तक (रिफ्लेक्टर)
फ्युअल पम्प
विद्युत् मोटर
विद्युत् जनित्र
गियर
गोली लाम (बाल बेयरिंग)
गद्दी की कमानियां
स्पीडोमीटर का चुम्बक
सामने की बत्तियों के लैन्स
सामने की बत्तियों के बल्ब
औज़ार
धातु की नलिका
पुरानी (बेकार) कुण्डलियों (काइल्स) के तार
इंजिन
पीछे का दृश्य दिखाने वाला दर्पण
प्रतिरक्ष शीशा (गाड़ियों के पीछे लगा हुआ शीशा)
इस्तेमाल किया हुआ तेल

रेडियो मरम्मत की दुकान से

रेडियो सेट
पुरानी कुण्डलियों के तार
परिणामित्र (ट्रांसफार्मर)
पुराने रेडियो ट्यूब
विद्युत् से सम्बन्धित औज़ार
कुण्डलियां
परिणामित्रों के क्रोड़
संघनित्र (कंडेंसर)
धारा-नियन्त्रक (रियोस्टैट)
टाका
धातु प्लेटें (धातु की मोटी चादरें)
पुरानी रेडियो कैबिनटों का प्लास्टिक

खाद्य पदार्थ बेचने वाले की दुकान से

अमोनिया
पाक चूर्ण (बेकिंग पाउडर)
पाक सोडा (बेकिंग सोडा)
विरंजन चूर्ण (ब्लीचिंग पाउडर)
नौसादर
शोरा (कार्न सिरप नमक)
एप्सम

दियासलाई
खनिज तेल (मिनरल ग्रायल)
पेराफिन
मधुमक्खी का मोम
मुहर की लाख
स्टार्च
डोरी
चीनी
कागज के थैले
स्वच्छ नमक
तारपीन
सिरका
बक्सों के तख्ते
गत्ते के बक्से
लकड़ी के बक्से
टीन के डिब्बे
जिलैटिन
खाने का तेल
सुग्रर की चर्बी
बीज

मकान बनाने का सामान बेचने वाले की दुकान से

ऐस्बेस्टस चादरें
तख्ते
कील-कांटा ग्रादि (हार्डवेग्रर)
विसवाही सामग्री
पर्ती लकड़ी (प्लाईवुड)
प्रस बोर्ड
रस्सी
रंगलेप
वार्निश
तार की जाली
लकड़ी का बुरादा
चूना
सीमेंट
ईंट
नालियों के टूटे पाइप
गोल (गुज्जी) छड़
लकड़ी की इष्टिकाएं (ब्लाक),
लकडी के प्रिज़्म

यन्त्रशालाग्रों से

गोली लाम (बाल बेयरिंग)
गियर
लोहे की चादर
पीतल की चादर
तांबे की चादर
पीतल की छड़
लोहे की छड
लोहे का बुरादा
धातु के रद्दी टुकडे या कतरने

दवाखानों से

ग्रगर
तूतिया
खनिज तेल (मिनरल ग्रायल)
सैकरीन
हाइड्रोक्लोरिक ग्रम्ल
नाइट्रिक ग्रम्ल
सोडियम हाइड्रोक्साइड
सिल्वर नाइट्रेट
प्राथमिक चिकित्सा की सब सामग्री
सेलोफेन
बीफ एक्सट्रेक्ट
छोटी शीशियां
रबड़ की चादर
पिसा हुग्रा गन्धक
बोरिक ग्रम्ल
मैंगनीज डाइ-ग्राक्साइड
चिपकाऊ पट्टी
लकडी के जीभ-दाब (टंग डिप्रेसर्स)
तापमापी (थर्मामीटर)
रंग
स्याही
ग्रायोडिन
संगमरमर के कतले
दवा टपकाने की नलिका
हजामत बनाने का दर्पण
काच की नलिकाएं

शीशिया
छोटी शीशिया
पेप्टोन
स्पज
परीक्षण-नलिकाए
लिटमस कागज
पोटैसियम क्लोरेट
पेरिस प्लास्टर (प्लास्टर आफ पेरिस)

चश्मों आदि की दुकान से

पुराने कैमरे
लैन्स
आवर्धक लैन्स (रीडिंग ग्लास लैन्सेज)
चश्मे के पुराने लैन्स (गुदड़ी बाजार से)

नलकार और टीन वालों से

लोहे का रद्दी पाइप
सीसा धातु का रद्दी पाइप
धातु की चादर
रबड़ की चूषण प्यालिया (सक्शन कप)
पुरानी टोटिया

बिजली की दुकान से

बैटरी (शुष्क सैल)
बिजली के बल्ब
विसंवाहित तार
स्विच
लैम्प साकेट
विसवाही फीता
बिजली के मीटर
पुराने विद्युत् साधन
छोटे बल्बों के साकेट
विद्युत् घण्टी
विद्युत् गुंजक (बजर)
दाब बटन (पुश बटन)
तापन अवयव (हीटिंग एलिमेंट)
चुम्बकीय दिक्सूचक

खिलौनों की दुकान से

घूर्णदर्शी (जाइरोस्कोप)
संगमरमर की गोलिया
छोटा छकड़ा (वैगन)
पिंगपांग की गेंदें
चाबीदार या यान्त्रिक खिलौने
रंगीन खड़िया
वाष्प इंजिन
वाष्प टरबाइन
वैद्युत खिलौने
रबड़ के गुब्बारे
बच्चों के वाद्य-यन्त्र (खिलौने)
रबड़ की गेंदे
प्लास्टिक के खिलौने
फुटबाल पम्प अनुकूलक

साइकिल मरम्मत की दुकान से

साइकिल के पुराने पहिए
पहियों की तीलियां (स्पोक्स)
भीतर की ट्यूब
टायर के वाल्व
दन्तिचक्र (स्प्रोकट व्हील)
साइकिल पम्प
हैंडल के रबड़ के हत्थे
साइकिल की बत्ती

कपड़े आदि की दुकानों से

रेशमी कपड़ा
सूती कपड़ा
ऊनी कपड़ा
कृत्रिम रेशम का कपड़ा
लिनेन का कपड़ा
सूती धागा
रेशमी धागा
लिनेन का धागा

पाठशाला से

गत्ता
मोमजामा
स्याही
रंगीन खड़िया
रबड़
जले बिजली के बल्ब
कागज

तेल
खड़िया
संगलक (फ्यूज)
पतला कागज़ (पेपर टावल)
पेंसिलें
खड़िया के डिब्बे
गोंद लगी चिप्पिया (लेबल)
रूले
ग्लोब
नक्शे
रबड़ के छल्ले

विविध सामग्री

गत्ते की नलिकाएं (जो डाक द्वारा नक्शे आदि भेजने के काम आती हैं)
गत्ता
मोल्ला
पुरानी जेबी या कलाई घड़ियों की कमानिया
पुरानी दीवार घड़ियों की कमानिया
सिगारों के डिब्बे
सिगरेट के टीन वाले डिब्बे
रांगे और अलमीनियम की पन्नी (फायल)
पुराने रोलर स्केट
पत्थर का कोयला और लकड़ी का कोयला
टेलीफोन के ट्रांसमिटर
टेलीफोन के रिसीवर
टेलीफोन के विद्युत्-उत्पादक (मैगनेटोस)
चुबकीय कच्चा लोहा (दिक्सूचक पत्थर)
टेनिस की गेंद

आसपास से विविध संग्रह

बीज और फल
पत्तियां
पौधे
चिड़ियों के घोंसले
शिलाएं और खनिज
मिट्टी के भिन्न प्रकार के नमूने
जीवाश्म (फासिल)
कृमि (कीड़े-मकोड़े)

अध्याय—1

प्रारम्भिक सामान्य विज्ञान-शिक्षण के सम्बन्ध में कुछ सुझाव[1]

प्रारम्भिक विज्ञान

प्रारम्भिक विज्ञान क्या है ?

प्राथमिक पाठशाला में बच्चे अपने प्रश्नो का सरल उत्तर चाहते रहते है। ये प्रश्न साधारणतः यों आरम्भ होते है कि 'यह क्या है ?' पहली बात तो यह कि विज्ञान वह सब कुछ भी नहीं है जो इसे पहले माना जाता था; अवश्य ही ग्रेनाइट का एक टुकडा, भिड़ों का पुराना छत्ता, ओक (बलूत) का फल, या ट्यूलिप का फूल—इन सब पर एक वस्तुनिष्ठ पाठमाला बनाना विज्ञान नही है। विज्ञान 'लगे तो तीर नही तुक्का' जैसी कोई वस्तु नही है, किसी टिड्डी अथवा फूल के विविध अंगों का नाम रटना भी विज्ञान नहीं है, और न ही 20 पेड़ो, 20 कीड़ो, 20 फूलो या 20 अन्य वस्तुओं की पहचान सीख लेना विज्ञान है।

तब फिर विज्ञान क्या है ? यह उन समस्याओ का अध्ययन है जो वहां, जहा बच्चे रहते हैं, पाई जाती है। अधिक लौकिक रीति से कहा जा सकता है कि यह प्राकृतिक पर्यावरण का अध्ययन है—रसायन और भौतिकी और जीव-विज्ञान और ज्योतिष और भूगर्भ-विज्ञान के कुछ चुने हुए अंशो का ही अध्ययन-मात्र नही। विज्ञान अवश्य ही इन विषयों से सम्बद्ध है, परन्तु वस्तुत. यह उन समस्याओं का अध्ययन है जो जिज्ञासु बालक के मस्तिष्क में, जिस प्रकार वे रहते है और दिन-प्रति-दिन बढते रहते है, अचानक उठा करती है। उदाहरण के लिए : हवा क्यों चलती है ? बादल किस चीज़ के बने हैं ? पत्थर किन पदार्थो से बनता है ? जब घण्टा बजता है तो बजते समय घण्टे में से ध्वनि क्यो और कैसे निकलती है ? बीज बढ कर पेड कैसे हो जाता है ? इन्द्रधनुष क्यों दिखाई पडता है ? यदि किसी ने कभी प्रारम्भिक पाठशालाओं के लडके-लडकियों के साथ काम किया हो तो वह जानता होगा कि अधिकांश बच्चों के मस्तिष्क में इसी प्रकार के प्रश्न भरे रहते हैं और वे इन सब का उत्तर जानना चाहते हैं। तो ऐसे प्रश्नों का उत्तर खोज निकालना ही विज्ञान है।

और यह आवश्यक नही है कि यह बहुत जटिल हो। दस वर्ष का बालक किसी वस्तु की पूरी व्याख्या नही जानना चाहता, वह इतना समझ भी नहीं सकता। वह आसपास की प्रति-दिन की घटनाओं के बारे में क्यों, कब, कहां और क्या—इन प्रश्नों का सरल भाषा में उत्तर चाहता है। यही उसका विज्ञान है। उसे पारिभाषिक शब्दों, सूत्रो और ब्यौरेवार कारणो को जानने की आवश्यकता नही है। ये सब बाद में आएंगे, परन्तु जिस समय वह 10 वर्ष का रहता है तब वह अपनी जिज्ञासा की तृप्ति ही चाहता है। आवश्यकता यह है कि उसकी जिज्ञासा को और भी विस्तृत किया जाए, उसकी रुचियों को पनपने

[1]इस अध्याय की सामग्री दो पुस्तिकाओं से, लेखकों और प्रकाशकों से पूर्ण अनुमति लेकर, संकलित की गई है। इन पुस्तिकाओं के नाम है : 'टीचिंग एलिमेण्टरी सायंस, बुलेटिन 1948, नम्बर 4' और 'सायंस टीचिंग इन रूरल ऐण्ड स्माल टाउन स्कूल्स, बुलेटिन 1949, नम्बर 5'। प्रकाशक है—फेडरल सिक्योरिटी एजेंसी, शिक्षा कार्यालय, वाशिंगटन, डी० सी०। इनके लेखक डा० ग्लेन ओ० ब्लाउ और डा० पाल ब्लैकवुड है।

दिया जाए, और उसके उत्साह को बढ़ाया जाए। इस प्रकार का विज्ञान ही उसके लिए उपयुक्त है और इसी विज्ञान को वह समझ भी सकता है।

विज्ञान कहां है ?

प्रारम्भिक पाठशाला में विज्ञान किस वस्तु में रहता है ? जहां कहीं भी स्कूल के बच्चे रहते हैं, वहीं विज्ञान रहता है : विज्ञान उस हवा में है जिसमे बच्चे सास लेते हैं, उस जल में है जिसे वे पीते है, उस आहार में है जिसे वे खाते हैं। जैसे 'आक्सीजन क्या है ?', 'पानी में खनिज कैसे पहुचते है ?', 'विटामिन क्या है ?', इत्यादि।

विज्ञान उन वस्तुओं में है जिन्हें बच्चे पाठशाला आते समय देखते है : जैसे 'बिजली से ट्राम गाड़ी कैसे चलती है ?','जब मेरा कुत्ता गरमी में हांपता है तो वह जीभ क्यों निकाल देता है ?', 'आकाश नीला क्यों है ?', इत्यादि।

विज्ञान उनके घरों में है : जैसे 'दरवाज़े की घण्टी कैसे बजती है ?', 'नींबू खट्टा क्यों लगता है ?', 'हमारी भट्टी मे घर गरम कैसे होता है ?', इत्यादि।

विज्ञान पाठशाला में है : जैसे 'आग बुझाने वाला यन्त्र आग कैसे बुझा सकता है ?', 'लोहे के नल में जंग क्यों लग गया ?', 'हम सब को टीका क्यों लगवाना पड़ा ?', इत्यादि।

तो फिर विज्ञान हमारे छात्रों और छात्राओं के चारों ओर है। प्रत्येक अवस्था में वे उसे देखेंगे ही। थोड़ी सहायता कर देने से वे उसे अधिक अच्छी तरह देख सकेंगे। थोड़ा प्रोत्साहन देने से विज्ञान में उनकी रुचि बढ़ेगी। वे विज्ञान के बारे में ऐसे शिक्षक से अधिक सीख सकेंगे जो इस बात का ध्यान रखता है कि इसका उपयोग कहां-कहां किया जा सकता है और अपनी शिक्षण क्षमता द्वारा बालकों को अपने पर्यावरण के बारे में सीखने में सहायता देता है।

विज्ञान क्या कर सकता है ?

बहुधा यह ठीक कहा जाता है कि जो व्यक्ति पूर्ण जानकार होता है, उसका व्यक्तित्व रोचक होता है, और जानकार बनने के लिए जिन चीजों की आवश्यकता होती है उनमें से अपने पर्यावरण के बारे में यथोचित जानकारी प्राप्त करना भी एक है। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि आप अपने छात्रों के मस्तिष्क में ऐसी जानकारी ठूंस-ठूंस कर भरने की अभिलाषा करें जिसका उपयोग वे बातचीत का सिलसिला बनाए रखने के लिए कर सकें। तात्पर्य तो यह है कि आप यह चाहें कि आप ऐसे व्यापक नियमों या अर्थों को समझाने में उनकी सहायता करें जिनका उपयोग वे अपने पर्यावरण की समस्याओं को समझते समय कर सकें।

एक उदाहरण देते हैं : लिली परिवार के फूलों में तीन वाह्य दल (सैपल), तीन पखुड़िया, जो साधारणत: एक ही प्रकार से रंगी रहती हैं, छ: पुंकेसर (स्टैमेन), एक स्त्रीकेसर (पिस्टिल), इत्यादि होते हैं। 10 वर्ष की आयु का बालक यह सब याद किए बिना भी भली-भांति जीवन अवश्य बिता सकता है। परन्तु मान लीजिए कि अनेक पौधों और अनेक प्राणियों की जांच से वह सीखता है कि 'पौधे और प्राणी कुछ लक्षणों के अनुसार समूहों में रखे जाते हैं, और इन लक्षणों का जानना उस बड़े समूह को जानने में सहायक होता है जिसका कोई पौधा या प्राणी होता है'। यह व्यापक नियम तब उस बच्चे के लिए उन जानवरों और पौधों की पहचान में सहायक हो सकता है जिन्हें वह देखता है, और इससे उसके लिए यह सम्भव हो जाता है कि वह उनकी आदतों का अध्ययन करे, पता लगाए कि वे उपयोगी हैं या हानिकारक, इत्यादि। उसे इस व्यापक नियम का पता चित लगा कर अध्ययन और प्रेक्षण करने से और कई छोटी कल्पनाओं को गूंथ कर एक बड़ी शृंखला बनाने से चलता है। इस प्रकार विज्ञान का एक उद्देश्य यह है कि ऐसे व्यापक नियम सिखाए जाएं जिनसे छात्र अपने दैनिक जीवन में उठने वाली समस्याओं का स्वयं समाधान कर सकें। बालक और बालिकाओं के जीवन में परिवर्तन लाने वाली समस्याओं का हम जितना

समीप से अध्ययन करेंगे, विज्ञान-शिक्षण की हमारी योजना उतनी ही अधिक सफल होगी ।

आप यह कभी नहीं चाहेंगे कि आपके बालक और बालिकाओं की विचार-पद्धति क्रमहीन हो। जिस रीति से विज्ञान के व्यापक नियमों का पहले-पहल आविष्कार हुआ, ठीक उसी तरह की विचार-शक्ति छात्रों को दे सकें, यही हमारी अभिलाषा होनी चाहिए। हम इसे यथार्थ उत्तर पाने की वैज्ञानिक रीति कह सकते हैं। यह विचार कोई एकदम नया नहीं है। सम्भवत आप यही रीति अंकगणित तथा अन्य विषयों मे वर्षो से अपनाते रहे हों . समस्या का स्वरूप बताना, कई-एक परिकल्पनाएं सुझाना, साक्ष्य इकट्ठा करना, परिणाम निकालना और परिणामों की परीक्षा करना। परन्तु इसका अर्थ यह भी नही है कि जब कभी कोई समस्या आए तब आप इन सब क्रमों की एक सीढ़ी-सी खड़ी कर दें और छात्रों को उस पर जबरदस्ती चढ़ाएं।

वस्तुतः समस्याओं को हल करने की इस वैज्ञानिक रीति में पूर्वोक्त सब क्रमों का रहना आवश्यक नही है। उदाहरणतः, बच्चे जानना चाहते हैं कि दिक्सूचक की सूई उत्तर-दक्षिण दिशा में क्यों रहती है। इस बात का पूरा ध्यान रखना चाहिए कि बच्चे समस्या को पूरी सावधानी से स्पष्ट करें ताकि प्रश्न उतना ही रह जाए जितना वे जानना चाहते हैं। तब छात्र स्वयं बताएं कि उनके विचार मे सूई उत्तर-दक्षिण दिशा में क्यों रहती है। जो व्याख्याएं वे देंगे उनमें से कुछ युक्तिसंगत होंगी और कुछ निरर्थक।

आप पूछेंगे —'हम कैसे पता लगा सकते हैं कि किसकी बात ठीक है?' बच्चे उत्तर देंगे—'हमारी विज्ञान पुस्तक में देखा जाए', 'हमारे भौतिक विज्ञान के शिक्षक श्री जैकसन से पूछा जाए' या 'प्रयोग करके देखा जाए'। तब बच्चे अपने-अपने सुझाव के अनुसार काम करके देखते हैं। कारण का पता लगाते हैं। किसी प्रमाणिक सूत्र द्वारा यथासम्भव सावधानी से वे उसकी सत्यता की जांच करते हैं। और तब कहा जा सकता है कि उन्होने अपनी समस्या को हल कर लिया है और वे अपने ज्ञान का उपयोग भी कर सकते हैं। अवश्य ही यह कार्यक्रम सरल है, यह काम भी सरल है, और समस्याओं का हल करने के लिए जिस पद्धति का ठीक उपयोग करके छात्र सफलता प्राप्त कर सकते हैं, उसका यह परिचय और आरम्भ है। यदि छात्रों का पथ-प्रदर्शन बुद्धिमत्ता से किया जाए तो ऐसी समस्याओं को इस रीति से हल करने मे वे काफी उन्नति कर सकते हैं। समस्या-समाधान की इस रीति को बालक पाठशाला मे तत्काल ही नही सीख लेते हैं। पहले समस्याओं को ठीक ढग से हल करने की शक्ति बहुत समय मे आती है।

आप चाहते होंगे कि काम करने के साथ-ही-साथ बालक और बालिकाओं मे वैज्ञानिक ढंग से विचार करने की आदत भी आ जाए। उदाहरणार्थ, घटनाएं यो ही नही घटती, वे प्राकृतिक कारणो से घटती हैं, इसलिए अन्धविश्वासी न बनें। दूसरो के विचारों के लिए अपना मस्तिष्क खुला रखें। जब तक कोई पक्का प्रमाण न मिल जाए तब तक अपने विचारो को केवल परीक्षार्थ समझें। ऐसा साक्ष्य एकत्र करें जिस पर लोग विश्वास कर सकें। यदि यह मालूम हो कि आपका मत ठीक नही था तो उसे बदलने के लिए तैयार रहें। कूद कर परिणामो पर न पहुंचें। घटनाओं के बारे में जानने को उत्सुक रहें और अस्पष्ट व्याख्या से सन्तुष्ट न हों। ये वैज्ञानिक विचार-धारा के कुछ रक्षक-स्तम्भ हैं। अगर सोच-समझ कर निर्धारित किए हुए ढंग से छात्रों को विज्ञान पढ़ाया जाए तो वे इन धारणाओं को अपना सकते हैं। फिर, इस प्रकार की विचार-शैली से छात्र जितने ही पहले परिचित हों, उतना ही अच्छा होगा।

फिर आप चाहेंगे कि बालकों और बालिकाओं की रुचि को विस्तृत किया जाए। वे अपने चारो ओर की वस्तुओं में से अनेक के बारे मे जानने को स्वभावतः उत्सुक जान पड़ते हैं, परन्तु फिर भी दुनिया की आधी चीज़ों के बारे में वे कुछ नहीं जानते और इसलिए उन वस्तुओं के

बारे में वे जिज्ञासु हो ही नही सकते। छठी कक्षा में तारो का अध्ययन छात्रो की रुचि का एक नया विषय बन सकता है और कुछ के लिए रुचि चिर-स्थायी बन सकती है। इस बात का अध्ययन कि पौधे कैसे उगते और बढते है, पौधों की खेती मे ऐसी रुचि उत्पन्न कर सकता है जो अन्यथा सदा सोई रहती। बच्चों की रुचि के अध्ययन से ऐसा जान पडता है कि बच्चों को अपने पर्यावरण के हर पहलू में अनुराग रहता है, केवल जानवरों और पौधों में ही नहीं, जैसा पहले कभी समझा जाता था। तो भी, अनेक छात्रो की रुचि बहुत कुछ सीमित रहती है और अन्य सम्भव रोचक विषयों की झलक पाने में उन्हें सहायता की आवश्यकता होती है। बहुधा किसी विषय में आजीवन रुचि स्कूल में ही पैदा होती है। वैज्ञानिक बहुधा बताते है कि विज्ञान में उनका अनुराग तभी उत्पन्न हुआ था जब वे बहुत छोटे थे। प्रारम्भिक पाठशालाओं में विज्ञान की अधिक अच्छी पढाई होने पर इस प्रकार के परिणामों की अधिक सम्भावना रहेगी।

आप भी चाहेंगे कि आपके छात्र अपने चारों ओर की वस्तुओं के सौन्दर्य का अनुभव कर सकें। अल्पवयस्क बच्चे किस प्रकार वस्तुओं का सौन्दर्य अनुभव करते है? प्रकृति के सौन्दर्य-ज्ञान के लिए छोटे-छोटे व्याख्यानों से सहायता नही मिलती। सुन्दर तितलियां, मधुमक्खिया और फूलो के ज्ञान के लिए भी ऊपरी व्याख्यानों से अधिक सहायता नहीं मिल सकती। जब हम छात्रो के सौन्दर्य-अनुभव की वृद्धि करने की नई रीतिया सीख रहे है तो हमें यह सिखाने की चेष्टा करनी चाहिए कि वे स्वय देखें, सूक्ष्म प्रेक्षण करे, सावधानी से परीक्षा करें और स्वय ढूढ निकालें कि चारों ओर के संसार मे कैसे आश्चर्य भरे पड़े है। साधारण हरी पत्ती में भी एक निर्माण-प्रक्रिया चलती रहती है, जिसकी नकल मनुष्य अभी तक भी नही कर पाया है। उसने इतना अवश्य सीख लिया है कि इस प्रक्रिया में पानी और कार्बन डाइ-आक्साइड जीवन-तत्व का काम करते है, और हरे रंग का जो पदार्थ पत्तियों में रहता है, वह इस प्रक्रिया के लिए नितान्त आवश्यक है, और यह भी कि यह प्रक्रिया सूर्य के प्रकाश के अभाव में पूरी नहीं हो सकती। मनुष्य किसी भी प्रक्रिया के परिणाम का विश्लेषण अन्तिम अणु तक कर सकता है, परन्तु वह स्वयं उस प्रक्रिया को नही कर पाता और न उसे पूरा-पूरा समझ ही पाता है। फिर, इस प्रक्रिया के बिना स्वयं जीवन भी टिक नही सकता। जब बच्चा इन सब तथ्यों को सीखता है और जब शिक्षक से सहायता पाकर इनके महत्व को समझता है, तो उसकी सौन्दर्य अनुभव करने की शक्ति बढ़ती है—विशेषकर यदि वह किसी उत्साही, बुद्धिमान और गुणग्राही शिक्षक के साथ काम कर रहा हो।

हमारी पाठशालाओ में बच्चों के लिए विज्ञान जो कुछ कर सकता है, उसमें से थोड़ी-सी बातें यहां बताई गई है। यदि विज्ञान के शिक्षक पूर्ण रूप से जानें कि उद्देश्य क्या है, और इस बात पर तुले रहें कि *विज्ञान की पढ़ाई इन उद्देश्यों की* पूर्ति को दृष्टि में रख कर की जाए, तभी बच्चे विज्ञान से लाभ उठा सकते हैं। वे उद्देश्य, जो शिक्षकों की निर्देश-पुस्तकों में दबे पड़े रहते हैं और उपयोग मे नहीं लाए जाते, बच्चों के किसी भी काम नहीं आ सकते। परन्तु वे उद्देश्य बच्चों की सहायता अवश्य कर सकते है जो शिक्षको के मस्तिष्क में रहते है और बच्चों के मस्तिष्क में भी। ऐसे उद्देश्य विषयों के चुनाव को, उनकी शिक्षण-पद्धति को, उनके लिए किए जाने वाले कार्यों को, उनकी मूल्यांकन-प्रणाली को और वस्तुतः कक्षा में किए गए सभी कामो को प्रभावित करते है। इसलिए जो बात सभी विज्ञान-शिक्षकों को स्मरण रखनी चाहिए, वह यह है कि वे यह निर्धारित कर लें कि विज्ञान-शिक्षण से वे जिस उद्देश्य को पूरा करना चाहते हैं, उसे सदा स्मरण रखें, बार-बार जांच करते रहें कि वे ठीक मार्ग पर चल रहे है या नहीं, और मूल्यांकन करते रहें कि वे अपने लक्ष्य के कितना निकट पहुंच रहे है। और सबसे बड़ी बात यह है कि वे अपने उद्देश्य को बच्चों के उद्देश्यों के यथा-सम्भव निकट रखें और इन उद्देश्यों की पूर्ति

में यदि बच्चे किसी प्रकार सहायता करना चाहे तो उन्हें वैसा करने दें ।

प्रारम्भिक विज्ञान और प्रकृति-अध्ययन

यह एक विवादास्पद प्रश्न रहा है, और अब भी है, कि प्रारम्भिक पाठशालाओं मे विज्ञान का जो शिक्षण होता है उसे प्रारम्भिक विज्ञान कहा जाए अथवा प्रकृति-अध्ययन (नेचर स्टडी) । कुछ पाठशालाओं की प्रकृति-अध्ययन सम्बन्धी पाठ-योजना उच्चकोटि की होती है । वहां के शिक्षक विस्तृततम अर्थ में विज्ञान पढ़ाते हैं और उनकी विषयनिष्ठता आधुनिकतम रहती है, यद्यपि वे अपनी पाठ-योजना को अभी तक प्रकृति-अध्ययन ही कहते हैं । कुछ अन्य पाठशालाओं मे यह प्रारम्भिक विज्ञान ही कहलाता है, परन्तु वह जिन सिद्धान्तों के अनुसार पढाया जाता है वे बहुत पुराने हैं और प्रकृति-अध्ययन का यह अति सकुचित दृष्टिकोण उसी रूढ़ि से प्रभावित है । इससे प्रत्यक्ष है कि नाम उतना महत्वपूर्ण नही है, जितना पढाने का ढग और विस्तार । विज्ञान की वे पाठ-योजनाएं, जिनमे प्रकृति-अध्ययन के विषय के सर्वोत्तम अगो का अध्ययन और उस पर आधुनिक समय मे सीखे गए सर्वोत्तम ढंग से निर्माण किया जाता है, आज सबसे अधिक उपयोगी हैं । यद्यपि नाम से अधिक अन्तर नही पड़ता, तो भी प्रकृति-अध्ययन कहलाने वाली पाठ-योजनाओं की अपेक्षा प्रारम्भिक विज्ञान की पाठ-योजनाओं मे अधिक विस्तृत दृष्टिकोण रहने से उसके आधुनिक आवश्यकताओ के अधिक निकट होने की सम्भावना अधिक है ।

एक उदाहरण से यह बात स्पष्ट होगी । प्रकृति-अध्ययन की विषयवस्तु के अनुसार एक विशेष वस्तु का, जैसे किसी शिला या वृक्ष का, अध्ययन किया जाता है, न कि शिला-निर्माण अथवा वन सम्बन्धी किसी विस्तृत प्रश्न का । प्रकृति-अध्ययन मे सम्भवत: बल इस बात पर दिया जाएगा कि शिलाओं की अथवा वृक्षों की पहचान कैसे हो, इस बात पर नही कि इन सब ब्योरों से किसी उद्देश्य की पूर्ति कैसे की जाएगी । यह अधिक सम्भव नही है कि प्रकृति-अध्ययन में उन समस्याओं का, जो बच्चों के जीवन मे वास्तविक सम्बन्ध रखती है, या विज्ञान के समूचे क्षेत्र का अध्ययन किया जाए । उसमें तो बस पौधों और जानवरों का ही अध्ययन होता है । बच्चों के साथ काम करने से पता चलता है कि उन्हें अपने पर्यावरण के सब अंगों से अनुराग होता है । प्रकृति-अध्ययन सम्बन्धी संक्षिप्त विवरण से, जो यहा दिया गया है, जान पड़ता है कि प्रकृति-अध्ययन की पुरानी मान्यताओं के बदले अब ऐसी पाठ-योजना को अपनाया जा रहा है जो आधुनिक बच्चों की आवश्यकताओं के लिए अधिक उपयुक्त है । अर्वाचीन वर्षो में वह दुनिया, जिसमे में लड़के और लडकिया रहती है, बहुत बदल गई है, इसलिए उनके अध्ययन का कार्यक्रम भी उसी के अनुसार बदलना चाहिए ।

तो भी, प्रकृति-अध्ययन की धारणा के अनुसार हम देखते हैं कि निजी अनुभव प्राप्त करना कितना महत्वपूर्ण होता है, केवल उसके सम्बन्ध में पढ़ना या सुनना ही पर्याप्त नहीं होता । प्रकृति चिह्न, जो कि वे विविध प्रकार के पौधों और प्राणियों के बारे में हमे बताते है, जानवरो के निवास-स्थानों को दिखाते हैं, जीवों के पारस्परिक सम्बन्धों को स्पष्ट करते हैं, जीवों और उनके वातावरण का सम्बन्ध तथा वातावरण के अनुकूल उनमें विशेष परिवर्तन प्रकट करते है, शिक्षा के उपयोगी अंग हैं । इसलिए प्रकृति की खोज का उपयोग, चाहे इसका आरम्भ प्रकृति-अध्ययन से ही क्यों न हुआ हो, यदि ठीक से किया जाए तो आधुनिक वैज्ञानिक कार्यक्रम में बहुत योग दे सकता है । वे पाठशालाएं, जो किसी वन या बड़े उद्यान के पास, या देहात में है, यदि प्रकृति की इस प्रकार की खोज करके लाभ उठाती हैं या किसी अन्य सुव्यवस्थित रीति से इस देन का उपयोग करती हैं तो कहा जाएगा कि वे बड़ी भाग्यशालिनी हैं ।

शिविर-जीवन निजी ज्ञान और गुण-ग्रहण का एक अन्य उद्गम है, जिसमे स्वयं ज्ञान प्राप्त

करने और गुण-विवेचन का अनुभव मिलता है। प्रारम्भिक विज्ञान की आधुनिक पाठ-योजना में इसे स्थान मिले तो बहुत उत्तम है। शिविर-अग्नि जलाने, सोने का स्थान ठीक करने, विशुद्ध जल प्राप्त करने के अनुभवों का, भोजन सामग्री प्राप्त करने तथा पकाने का और अन्य अनेक कार्यों का विज्ञान से घनिष्ठ सम्बन्ध है। परन्तु बच्चे कितना विज्ञान और किस प्रकार का विज्ञान सीखते हैं, यह इस पर निर्भर है कि व्यवस्थापक का दृष्टिकोण क्या है।

इस बात का निर्णय करने में कि आपका दृष्टिकोण छात्रों की आवश्यकताओं के अनुसार है या नहीं, उसे उन उद्देश्यों की मापनी से नापना चाहिए जिसका विवेचन इस खण्ड के आरम्भ में किया गया था। वे तथा प्रारम्भिक शिक्षा के उद्देश्य ठीक मार्ग के प्रदर्शक हैं। यह नहीं कि अगर आपने गरी के गोलों को रांगे की पन्नी में मढ़ कर कृष्ण जन्माष्टमी की झांकी सजाने में, पत्तियों को दबा कर संजोने में, चिड़ियों के चित्र रंगने में या कागज की झण्डिया और मालाएं बनाने में आधा समय बिता दिया तो विज्ञान की आधुनिक पाठ-योजना पूरी हो गई। ऐसे कार्य तो विज्ञान के सरलतम कार्यक्रम के उद्देश्यों की पूर्ति भी नहीं करते।

विज्ञान और प्रारम्भिक पाठशालाओं की पाठ-योजना

प्रारम्भिक विज्ञान की यह पाठ-योजना, जो प्रारम्भिक पाठशालाओं की शेष पाठ-योजनाओं पर ध्यान दिए बिना ही बना दी जाती है, अवश्य ही निष्फल होगी। विज्ञान प्रारम्भिक शिक्षा के सामान्य उद्देश्यों की कितनी पूर्ति करता है, इस प्रश्न के उत्तर पर विज्ञान के अलग विषय बने रहने का दावा निर्भर है।

प्रारम्भिक पाठशालाओं के सामान्य उद्देश्य विविध रूपों में बताए गए हैं। सम्भवतः सबसे महत्वपूर्ण उद्देश्य यह है कि अच्छा नागरिक बनने के लिए आवश्यक विचार, समझ और कार्यदक्षता प्राप्त करने में बच्चों की सहायता की जाए। इसके लिए उन्हें पढ़ने, लिखने और हिसाब करने की आधारभूत चीजें सिखाना आवश्यक है क्योंकि ज्ञान प्राप्त करने के मौलिक साधन ये ही हैं। इनके अतिरिक्त, इस बात की भी आवश्यकता है कि उनको सामाजिक रीतियों और समस्याओं को समझने और पहचानने का अवसर दिया जाए, उनके हल सुझाने और अपने सुझावों पर काम करने का अवसर दिया जाए, उन्हें व्यक्तिगत और समूहगत आवश्यकताओं के अनुसार अपने सामाजिक आचरण को विकसित करने दिया जाए। पाठशालाओं में अध्ययन आदि ऐसे ढंग से होना चाहिए कि बालक मानवों के पारस्परिक व्यवहार से सम्बन्धित गुणों को पहचानें और उन पर अमल करें—उदाहरणार्थ परस्पर सहयोग, नेता का चुनाव और सामूहिक योजनाएं बनाना, आदि। और बच्चों को ऐसी परिस्थितियों में रखना चाहिए, जिनमें उनका मानसिक और शारीरिक स्वास्थ्य बढ़े और उनमें ऐसा ज्ञान और कार्यदक्षता उत्पन्न करनी चाहिए कि ये गुण उनमें स्वयं विकसित हों। अवकाश के समय में भी इनमें स्वस्थ रुचि लेने के लिए बच्चों को प्रेरित करना चाहिए। अच्छी प्रारम्भिक पाठशालाओं की पाठ-योजना के ये सामान्य उद्देश्य हैं, और इन्हें ध्यान में रखे बिना विज्ञान की कोई भी पाठ-योजना सफल नहीं हो सकती।

प्रारम्भिक पाठशालाओं के उद्देश्य से सम्बन्धित इन विशद् सिद्धान्तों के अनुसार ही प्रारम्भिक विज्ञान-शिक्षण की विषयवस्तु को ढाल लेना चाहिए। हम विज्ञान कैसे पढ़ाएं, बच्चों के लिए क्या कार्य सबसे अधिक उपयोगी होंगे, योजना बनाने और मूल्यांकन में हम उन्हें कैसे सहायता दें, इन सबको पूर्वोक्त उद्देश्यों के अनुसार ही रूप देना चाहिए।

उदाहरणार्थ, हम बच्चों को विज्ञान किस प्रकार सिखाएं कि वह उन्हें अधिक अच्छे नागरिक बनने में सहायक हो? यदि शिक्षक पाठ्य विषयों को स्वयं ही चुनता है, उनकी कार्य-व्यवस्था करता है, अध्ययन-पद्धति निर्धारित करता है और अन्य सब बातों का भी निर्णय

स्वयं ही करता है, तो बच्चे प्रबन्ध करने, योजना बनाने और मिल-जुल कर काम करने में कैसे आगे बढेंगे ? यदि हम इस बात को मानते हैं कि योजना बना सकना और मिल-जुल कर काम कर सकना अच्छे नागरिक का एक लक्षण है तो हमें बच्चों को योजना बनाने और मिल-जुल कर काम करने का पर्याप्त अवसर देना चाहिए। शिक्षक के नाते बच्चों के नेता होने और मेज के पीछे कुर्सी पर बैठ कर आज्ञा देने में स्पष्ट अन्तर है। नेता के रूप मे शिक्षक विषय-रुचि उत्पन्न करने के लिए प्रारम्भिक कार्य कर सकता है, कार्य-विधि के सम्भव मार्गों का स्पष्टीकरण कर सकता है, और इस प्रकार उनका सहायक बन सकता है। अपने अनुभव के कारण वह थोडा-बहुत मार्गप्रदर्शक का काम कर सकता है, परन्तु वास्तव मे प्रशंसनीय तो वहीं शिक्षक है जो उचित समय पर चुप होना जानता है। चाहे विज्ञान हो या पाठशाला सम्बन्धी कोई काम हो, बच्चों मे उत्तरदायी नागरिकता की भावना तब ही आती है जब शिक्षक उचित समय स्वयं चुप हो जाए और बच्चो को काम करने दे। पाठ्य विषय का अधिकतर यही काम होता है कि बालकों की इस शक्ति को विकसित करे। इसलिए, विज्ञान सिखाने के समय बच्चों को अवसर देना चाहिए कि वे मिल कर योजना बनाएं, निर्णय करें, भूलें करें, भूलों का सुधार करने के तरीके सोचे, अपनी सफलता को जाने, नई कार्य-विधिया निकालें और परिणामों का मूल्यांकन करे।

उन प्रश्नो में से सबके उत्तर मत बताइए जो बच्चे आपसे पूछे और बराबर यह न कहिए कि उत्तर पुस्तक में पढ़ लो। हम विज्ञान से ज्ञान कैसे प्राप्त करते है ? प्रयोगो से, प्रेक्षण से, विषय को जानने वाले लोगो से पूछने से, पढ़ने से, सिनेमा देखने से और अन्य रीतियो से। तो फिर छात्र कैसे सीखते हैं कि इन रीतियों का उपयोग कब किया जाए और कब उनके परिणामो पर भरोसा किया जाए ? वे निर्णय करने के अभ्यास से सीखते हैं, तब अपनी प्रस्तावित योजनाओ को कर के देखने से और अपनी चेष्टाओ की सफलता देखने से। अभ्यास से छात्रों मे ज्ञान प्राप्त करने के साधनो का उपयोग कर सकने की शक्ति बढ़ती है, परन्तु यह तभी होता है जब हम उनकी सहायता करते रहे। प्रत्येक पाठ्य विषय इस बात में निश्चित रूप से सहायक हो सकता है, परन्तु केवल तभी, जब हम उसे यह अवसर दें।

विज्ञान-शिक्षक

यदि हम तब तक प्रतीक्षा करें जब तक सभी प्रारम्भिक पाठशालाओं के शिक्षक विज्ञान पढाने के लिए अपने को पूर्णतया सुसज्जित न समझे, तो हम कभी आरम्भ ही न कर सकेंगे। प्रारम्भिक पाठशालाओं के सबसे अधिक सफल शिक्षकों ने अपने लिए कहा है, "अपने काम मे कुछ विज्ञान भी सम्मिलित करने का महत्व मै समझता हूं। मेरा विश्वास है कि बिना विज्ञान के मेरा कार्य-क्रम अधूरा है। मै विज्ञान के बारे में अधिक नही जानता, परन्तु यह मैं जानता हू कि बच्चे किस प्रकार सीखते हैं। ऐसे प्रश्नों के पूछे जाने पर मुझे बुरा नही लगता जिनका उत्तर मै नही जानता, क्योंकि मै इतना जानता हूं कि किस प्रकार बच्चो की सहायता करनी चाहिए ताकि वे स्वयं उनका उत्तर निकाल लें।"

इन शिक्षकों के सम्मुख कई समस्याए हैं। उन्हे अपने लिए विज्ञान की पृष्ठभूमि तैयार करनी पड़ती है, यह सीखना पड़ता है कि विज्ञान कैसे सिखाए, आवश्यक उपकरण और सामग्री कहां से लाएं। परन्तु उनके पास दो अत्यावश्यक उपकरण पहले से विद्यमान रहते हैं : वे विज्ञान को पाठ्यक्रम में सम्मिलित करने के महत्व का अनुभव करते हैं और वे जानते हैं कि बच्चे किस प्रकार सीखते हैं।

ऐसे अनेक शिक्षको ने निम्नलिखित सुझावो को उपयोगी पाया है :

1. विज्ञान की पढ़ाई विश्वास के साथ आरम्भ करिए, न कि भय के साथ। डरना ही हो तो मंगल ग्रह से आए विकराल मनुष्यों के प्रथम

करने और गुण-विवेचन का अनुभव मिलता है। प्रारम्भिक विज्ञान की आधुनिक पाठ्य-योजना में इसे स्थान मिले तो बहुत उत्तम है। शिविर-अग्नि जलाने, सोने का स्थान ठीक करने, विशुद्ध जल प्राप्त करने के अनुभवों का, भोजन सामग्री प्राप्त करने तथा पकाने का और अन्य अनेक कार्यों का विज्ञान से घनिष्ठ सम्बन्ध है। परन्तु बच्चे कितना विज्ञान और किस प्रकार का विज्ञान सीखते हैं, यह इस पर निर्भर है कि व्यवस्थापक का दृष्टिकोण क्या है।

इस बात का निर्णय करने में कि आपका दृष्टिकोण छात्रों की आवश्यकताओं के अनुसार है या नहीं, उसे उन उद्देश्यों की मापनी से नापना चाहिए जिसका विवेचन इस खण्ड के आरम्भ में किया गया था। वे तथा प्रारम्भिक शिक्षा के उद्देश्य ठीक मार्ग के प्रदर्शक हैं। यह नहीं कि अगर आपने गरी के गोलों को रांगे की पन्नी से मढ़ कर कृष्ण जन्माष्टमी की झांकी सजाने में, पत्तियों को दबा कर संजोने में, चिड़ियों के चित्र रंगने में या कागज़ की झण्डियां और मालाएं बनाने में आधा समय बिता दिया तो विज्ञान की आधुनिक पाठ-योजना पूरी हो गई। ऐसे कार्य तो विज्ञान के सरलतम कार्यक्रम के उद्देश्यों की पूर्ति भी नहीं करते।

विज्ञान और प्रारम्भिक पाठशालाओं की पाठ-योजना

प्रारम्भिक विज्ञान की वह पाठ्-योजना, जो प्रारम्भिक पाठशालाओं की शेष पाठ-योजनाओं पर ध्यान दिए बिना ही बना दी जाती है, अवश्य ही निष्फल होगी। विज्ञान प्रारम्भिक शिक्षा के सामान्य उद्देश्यों की कितनी पूर्ति करता है, इस प्रश्न के उत्तर पर विज्ञान के अलग विषय बने रहने का दावा निर्भर है।

प्रारम्भिक पाठशालाओं के सामान्य उद्देश्य विविध रूपों में बताए गए हैं। सम्भवतः सबसे महत्वपूर्ण उद्देश्य यह है कि अच्छा नागरिक बनने के लिए आवश्यक विचार, समझ और कार्यदक्षता प्राप्त करने में बच्चों की सहायता की जाए। इसके लिए उन्हें पढ़ने, लिखने और हिसाब करने की आधारभूत चीजें सिखाना आवश्यक है क्योंकि ज्ञान प्राप्त करने के मौलिक साधन ये ही हैं। इनके अतिरिक्त, इस बात की भी आवश्यकता है कि उनको सामाजिक रीतियों और समस्याओं को समझने और पहचानने का अवसर दिया जाए, उनके हल सुझाने और अपने सुझावों पर काम करने का अवसर दिया जाए, उन्हें व्यक्तिगत और समूहगत आवश्यकताओं के अनुसार अपने सामाजिक आचरण को विकसित करने दिया जाए। पाठशालाओं में अध्ययन आदि ऐसे ढंग से होना चाहिए कि बालक मानवों के पारस्परिक व्यवहार से सम्बन्धित गुणों को पहचानें और उन पर अमल करें—उदाहरणार्थ परस्पर सहयोग, नेता का चुनाव और सामूहिक योजनाएं बनाना, आदि। और बच्चों को ऐसी परिस्थितियों में रखना चाहिए, जिनमें उनका मानसिक और शारीरिक स्वास्थ्य बढ़े और उनमें ऐसा ज्ञान और कार्यदक्षता उत्पन्न करनी चाहिए कि ये गुण उनमें स्वयं विकसित हों। अवकाश के समय में भी इनमें स्वस्थ रुचि लेने के लिए बच्चों को प्रेरित करना चाहिए। अच्छी प्रारम्भिक पाठशालाओं की पाठ-योजना के ये सामान्य उद्देश्य हैं, और इन्हें ध्यान में रखे बिना विज्ञान की कोई भी पाठ-योजना सफल नहीं हो सकती।

प्रारम्भिक पाठशालाओं के उद्देश्य से सम्बन्धित इन विशद् सिद्धान्तों के अनुसार ही प्रारम्भिक विज्ञान-शिक्षण की विषयवस्तु को ढाल लेना चाहिए। हम विज्ञान कैसे पढ़ाएं, बच्चों के लिए क्या कार्य सबसे अधिक उपयोगी होंगे, योजना बनाने और मूल्यांकन में हम उन्हें कैसे सहायता दें, इन सबको पूर्वोक्त उद्देश्यों के अनुसार ही रूप देना चाहिए।

उदाहरणार्थ, हम बच्चों को विज्ञान किस प्रकार सिखाएं कि वह उन्हें अधिक अच्छे नागरिक बनने में सहायक हो? यदि शिक्षक पाठ्य विषयों को स्वयं ही चुनता है, उनकी कार्य व्यवस्था करता है, अध्ययन-पद्धति निर्धारित करता है और अन्य सब बातों का भी निर्ण

स्वयं ही करता है, तो बच्चे प्रबन्ध करने, योजना बनाने और मिल-जुल कर काम करने में कैसे आगे बढ़ेंगे ? यदि हम इस बात को मानते हैं कि योजना बना सकना और मिल-जुल कर काम कर सकना अच्छे नागरिक का एक लक्षण है तो हमें बच्चों को योजना बनाने और मिल-जुल कर काम करने का पर्याप्त अवसर देना चाहिए। शिक्षक के नाते बच्चों के नेता होने और मेज के पीछे कुर्सी पर बैठ कर आज्ञा देने में स्पष्ट अन्तर है। नेता के रूप मे शिक्षक विषय-रुचि उत्पन्न करने के लिए प्रारम्भिक कार्य कर सकता है, कार्य-विधि के सम्भव मार्गों का स्पष्टीकरण कर सकता है, और इस प्रकार उनका सहायक बन सकता है। अपने अनुभव के कारण वह थोड़ा-बहुत मार्गप्रदर्शक का काम कर सकता है, परन्तु वास्तव में प्रशंसनीय तो वही शिक्षक है जो उचित समय पर चुप होना जानता है। चाहे विज्ञान हो या पाठशाला सम्बन्धी कोई काम हो, बच्चो में उत्तरदायी नागरिकता की भावना तब ही आती है जब शिक्षक उचित समय स्वयं चुप हो जाए और बच्चों को काम करने दे। पाठ्य विषय का अधिकतर यही काम होता है कि बालकों की इस शक्ति को विकसित करे। इसलिए, विज्ञान सिखाने के समय बच्चों को अवसर देना चाहिए कि वे मिल कर योजना बनाए, निर्णय करे, भूलें करे, भूलों का सुधार करने के तरीके सोचे, अपनी सफलता को जानें, नई कार्य-विधियां निकालें और परिणामो का मूल्यांकन करें।

उन प्रश्नो में से सबके उत्तर मत बताइए जो बच्चे आपसे पूछें और बराबर यह न कहिए कि उत्तर पुस्तक मे पढ़ लो। हम विज्ञान से ज्ञान कैसे प्राप्त करते हैं ? प्रयोगो से, प्रेक्षण से, विषय को जानने वाले लोगों से पूछने से, पढ़ने से, सिनेमा देखने से और अन्य रीतियो से। तो फिर छात्र कैसे सीखते हैं कि इन रीतियों का उपयोग कब किया जाए और कब उनके परिणामों पर भरोसा किया जाए ? वे निर्णय करने के अभ्यास से सीखते हैं, तब अपनी प्रस्तावित योजनाओं को कर के देखने से और अपनी चेष्टाओं की सफलता देखने से। अभ्यास से छात्रों मे ज्ञान प्राप्त करने के साधनो का उपयोग कर सकने की शक्ति बढ़ती है, परन्तु यह तभी होता है जब हम उनकी सहायता करते रहें। प्रत्येक पाठ्य विषय इस बात में निश्चित रूप से सहायक हो सकता है, परन्तु केवल तभी, जब हम उसे यह अवसर दें।

विज्ञान-शिक्षक

यदि हम तब तक प्रतीक्षा करें जब तक सभी प्रारम्भिक पाठशालाओं के शिक्षक विज्ञान पढाने के लिए अपने को पूर्णतया सुसज्जित न समझें, तो हम कभी आरम्भ ही न कर सकेंगे। प्रारम्भिक पाठशालाओं के सबसे अधिक सफल शिक्षकों ने अपने लिए कहा है, "अपने काम में कुछ विज्ञान भी सम्मिलित करने का महत्व मैं समझता हूं। मेरा विश्वास है कि बिना विज्ञान के मेरा कार्यक्रम अधूरा है। मैं विज्ञान के बारे में अधिक नही जानता, परन्तु यह मैं जानता हूं कि बच्चे किस प्रकार सीखते हैं। ऐसे प्रश्नो के पूछे जाने पर मुझे बुरा नही लगता जिनका उत्तर मैं नहीं जानता, क्योकि मैं इतना जानता हूं कि किस प्रकार बच्चो की सहायता करनी चाहिए ताकि वे स्वय उनका उत्तर निकाल लें।"

इन शिक्षकों के सम्मुख कई समस्याएं हैं। उन्हें अपने लिए विज्ञान की पृष्ठभूमि तैयार करनी पड़ती है, यह सीखना पड़ता है कि विज्ञान कैसे सिखाएं, आवश्यक उपकरण और सामग्री कहा से लाए। परन्तु उनके पास दो अत्यावश्यक उपकरण पहले से विद्यमान रहते हैं : वे विज्ञान को पाठ्यक्रम में सम्मिलित करने के महत्व का अनुभव करते हैं और वे जानते हैं कि बच्चे किस प्रकार सीखते हैं।

ऐसे अनेक शिक्षकों ने निम्नलिखित सुझावों को उपयोगी पाया है :

1. विज्ञान की पढ़ाई विश्वास के साथ आरम्भ करिए, न कि भय के साथ। डरना ही हो तो मंगल ग्रह से आए विकराल मनुष्यों के प्रथम

दर्शन से शौक से डरिए। विज्ञान उतना असाधारण नही है, जितना आप समझते हैं। समाज-विज्ञान, भाषाएं, कलाएं अथवा अंकगणित पढाने से, जिन्हें अधिकांश शिक्षक सुविधापूर्वक पढ़ाते हैं, विज्ञान का पढ़ाना अधिक भिन्न नही है। उनकी अपेक्षा विज्ञान का पढ़ाना अधिक कठिन भी नहीं है, कुछ बातो मे तो यह अधिक सरल है, क्योंकि यह मूर्त वस्तुओ से सम्बद्ध है और अनेक बच्चो की रुचि का विषय है।

2 यह आशा मत करिए कि बच्चे जितने भी प्रश्न पूछेंगे, आप उन सबका उत्तर दे सकेंगे। यदि आप तब तक के लिए रुके रहें जब तक आप इसमें समर्थ न हो जाए, तो आप विज्ञान पढ़ाना कभी आरम्भ ही न कर सकेंगे। शिक्षक हर दशा मे बच्चो को आवश्यकता से अधिक ही बताते रहते हैं। यदि आप बच्चो को जानते हैं, और यह भी जानते हैं कि बच्चों को सीखने में कैसे सहायता दी जाए, तो शिक्षण-समर को आपने आधा जीत लिया है। बच्चों के साथ-साथ स्वयं भी सीखने में संकोच न करें। अपनी समस्याओं के उत्तर पाने के लिए उन्हें योजनाएं बनाने दें और तब आप उनका पथप्रदर्शक बन कर उनके साथ ही सीखें। अवश्य ही, आपको विषय का थोड़ा-बहुत ज्ञान तो होना ही चाहिए, परन्तु आपके विज्ञान के विशेषज्ञ होने की आवश्यकता नही है। आगे जो दो-चार सुझाव दिए गए हैं, उनसे आपको अपने लिए विज्ञान की पृष्ठभूमि तैयार कर लेने में सहायता मिलेगी।

3 जब विज्ञान का कोई एक विषय या क्षेत्र अध्ययन के लिए चुन लिया जाए तो आधारभूत विज्ञान की कुछ पुस्तकें पढ़ें, जो आपके छात्रो के स्तर के लिए लिखी गई हों। तब सामान्य विज्ञान या जीव-विज्ञान की कुछ अच्छी पुस्तकें लें, जिनका स्तर माध्यमिक पाठशालाओं की पाठ्य-पुस्तकों के समान हो और उन्हें पढें। यहां आपको विज्ञान सम्बन्धी विषयों की वह पृष्ठभूमि मिलेगी जो अल्पवयस्क बच्चों को पढाने के लिए आवश्यक है।

4. इन पुस्तकों में सुझाए गए कुछ प्रयोग करें, जिससे आपको सामग्री से सम्बन्धित अनुभव हो जाए। प्रारम्भिक विज्ञान के ये प्रयोग उसके आधे भी जटिल नही होते जितना आप समझते हैं।

5. पुस्तकों में जिन बातो को स्वयं करके देखने का आदेश रहता है उन पर आचरण करें, जैसे बाहर जाना, प्रेक्षण करना, प्रयोग करना और सामग्री एकत्र करना। ऐसा करने से विश्वास और अनुभव दोनों ही प्राप्त होते हैं, और यदि आप पहले जान लेंगे कि नगर के लिए पानी साफ करने वाला संयन्त्र किस दर्शनीय ढंग से काम करता है तो आप अपने छात्रो मे उसके प्रति अधिक सुगमता से रुचि और उत्साह उत्पन्न कर सकेंगे।

6. पास की माध्यमिक पाठशाला के किसी विज्ञान-शिक्षक से बात करें और उससे सहायता लें। माध्यमिक पाठशाला के विज्ञान-शिक्षक बहुधा आपको शिक्षण विषयक नए विचार देंगे, प्रयोग सुझाएंगे और सामग्री तथा पुस्तकें प्राप्त करने में सहायता देंगे। विज्ञान उनका विशेष क्षेत्र है और साधारणतः उनका मस्तिष्क लाभप्रद विचारों से भरा रहता है।

स्मरण रहे कि अपरिचित वस्तुएं ही आपको विचित्र स्थिति में डालती हैं। इसलिए विज्ञान की सामग्री का, जहा तक हो सके, अधिक निजी अनुभव प्राप्त करें। ऊपर बताए गए सुझावों के अनुसरण से विज्ञान के किसी भी नए अंग को पढ़ाने के लिए प्रायः अवश्य ही आपको आत्म-निर्भरता मिलेगी।

7. इस बात से न घबराएं कि आपके पास सामग्री नही है। बच्चे अपने घर से प्रायः वह सब ला सकते हैं, जिसकी आपको वास्तविक आवश्यकता पड़ेगी। जो-कुछ वे नही ला सकते, उसे आप बाजार या लोहे-लकड़ी की दुकान से मोल ले सकते हैं, या माध्यमिक पाठशाला के विज्ञान विभाग से मंगनी मांग सकते हैं, पाठशाला में पा सकते हैं, पाठशाला के गोदाम

से ले सकते हैं, या लड़कों को स्वयं बनाने को कह सकते है । प्रारम्भिक विज्ञान की कक्षाओं के लिए बहुमूल्य तथा जटिल उपकरण बेकार ही नहीं, हानिकारक भी हैं । वे भ्रमोत्पादक हो सकते हैं और बच्चों का ध्यान विवेचनीय विषय से हटा कर अपनी ओर खींच सकते हैं ।

8. छात्रों को प्रयोग करने दें । बच्चों के लिए सीखने की यह एक अच्छी रीति है, और वे इसे बहुत पसन्द भी करते हैं । अपनी कक्षा के अधिक चतुर छात्रों को सामग्री एकत्र करने और यन्त्र बनाने का काम दें ।

9. अपना विज्ञान-शिक्षण उस विषय से आरम्भ कीजिए जिससे आप सबसे अधिक परिचित हैं । यह कुछ लोगों के इस विश्वास के प्रतिकूल है कि बच्चों को ही अध्ययन की सब समस्याओं का आरम्भ करना चाहिए । चाहे कुछ हो, यह सिद्धान्त सर्वमान्य नहीं है । कालेज मे वैज्ञानिक शिक्षण के कारण, अथवा निजी शौक (हॉबी) के कारण, अथवा निजी रुचि का उपयोग करके अपना विषय चुन कर आप अपने विज्ञान-शिक्षण का अच्छा आरम्भ कर सकते हैं । बाद में बच्चे जिस विषय में आगे बढ जाएं, उसके अनुसार काम करना आपके लिए अधिक सरल हो जाएगा ।

यदि शिक्षक के नाते पहला सुझाव आप ही दे तो क्या हर्ज है? तब भी तो बच्चे उसके सम्बन्ध में योजना बनाने मे प्रवृत्त हो ही सकते हैं ।

10. विज्ञान की पाठ्य-पुस्तक के साथ जो 'शिक्षकों के लिए निर्देश ग्रन्थ' मिलता हैं, उसका खूब उपयोग करिए । उसमें शिक्षण के बारे में ऐसे विचार भरे रहते हैं जिनका परीक्षण हो चुका है और जो उपयोगी पाए गए हैं । यदि आप उस पाठ्य-पुस्तक का उपयोग न कर रहे हों जिसको आधार बना कर ये निर्देश ग्रन्थ लिखे गए हैं तो भी ये बहुधा लाभदायक होते हैं ।

11. अपनी विज्ञान-सम्बन्धी सामग्री, विज्ञान पढाने की टिप्पणिया और अपनी योजनाओं इत्यादि का लेखा रखिए, जिससे भविष्य मे आप उनका उपयोग कर सकें और दूसरे शिक्षक आपसे उन्हे मंगनी मांग सकें । दूसरी बात विशेष-कर यदि आप उस सामग्री को देख सकें जिसका आपने पहली बार उपयोग किया था तो वह विषय अधिक सरल हो जाता है ।

12 अन्य शिक्षकों से मालूम करिए कि उनको किन वस्तुओं से सफलता मिली है और उनको अपना अनुभव बताने के लिए तैयार रहिए । इस प्रकार का विचार-विनियम बहुधा बहुत उपयोगी होता है ।

बच्चे विज्ञान कैसे सीखते हैं

बच्चे विज्ञान कई रीतियो से सीखते है— ठीक वैसे ही जैसे वे अन्य बातें सीखते है । वे उसे अधिक शीघ्र तब सीखते हैं जब विषय मे उनका मन लगता है और जब वे देखते है कि किसी विषय से उनकी जानकारी बढ़ती है, विषय का वर्णन चित्रमय है, उसके लिए उन्हे स्वयं कुछ-न-कुछ काम करना भी कठिन नही होता । परन्तु अवश्य होता है कि उन्हें कुछ सोचना पड़े और उन्हें यह सन्तोष होता है कि वे जो जानना चाहते थे, जान रहे हैं । यह विज्ञान की ही विशेषता नही है । अंकगणित, भाषाओं, कलाओं, तथा अन्य सभी विषयों के लिए भी यही सत्य है । बच्चों द्वारा चुने गए और बच्चों के लिए चुने गए कामो मे इन सब बातों पर ध्यान रखना आवश्यक है । इन बातों को ध्यान मे रख कर हम उन रीतियों में से कुछ की जांच करेंगे, जिनसे बच्चे विज्ञान सीखते हैं ।

प्रयोग करना

प्रयोग करना विज्ञान के सिद्धान्त और व्यापक नियम सीखने की प्रधान रीतियों में गिना जाता है । प्रयोग सरल होने चाहिए । जो सामग्री साधारण होती है, वह अधिक मात्रा में प्राप्त हो सकती है और अधिकांशत: उसी का उपयोग करना चाहिए । छात्रों में इतनी योग्यता होती है कि वे अपने लिए नए प्रयोग सोच निकालें,

वे उसके लिए बहुधा आवश्यक सामग्री अपने घर से लाते है और उन प्रयोगों को करने के लिए उनमें बहुधा बहुत अधिक उत्साह रहता है ।

कुछ बातों को स्मरण रखना चाहिए :

1. प्रयोग इस प्रकार करने चाहिए कि छात्रों को भी सोचना पड़े । स्पष्ट है कि ऐसे प्रयोगो मे, जिनमें शिक्षक स्वयं ही सब बातें छात्रों को बताता है, बच्चो के मस्तिष्क की वृद्धि के लिए कुछ भी प्रेरणा नही मिलती ।

2 बच्चों को प्रयोग का उद्देश्य जानना चाहिए । बहुधा यह वांछनीय होता है कि प्रयोग का उद्देश्य सरल और स्पष्ट रूप में श्यामपट्ट पर लिख दिया जाए । जब छात्रों की ही उठाई गई किसी समस्या के हल के लिए कोई प्रयोग किया जाता है तब तो यह सरल हो जाता है । उदाहरण-तया बच्चे जाड़े में एक ऐसे दिन पाठशाला आते हैं जब बर्फ पड़ने से मार्ग में फिसलन रहती है । चपरासी ने बर्फ हटाने के लिए पाठशाला की सीढ़ियों पर नमक छिड़क दिया है । बच्चे जानना चाहते हैं कि नमक से बर्फ का क्या हो जाता है और ऐसा क्यों होता है । वे तय करते है कि कारण का पता लगाने के लिए एक प्रयोग करना चाहिए । वे अच्छी तरह समझ जाते है कि वे प्रयोग क्यों कर रहे हैं और इसलिए सन्तोष-जनक रीति से अन्त तक प्रयोग करने की सम्भावना अधिक हो जाती है । अन्य प्रयोग पाठ्य-पुस्तक से लिए जा सकते हैं, परन्तु काम की योजना यथासम्भव लड़कों को ही बनानी चाहिए ।

3 सफल प्रयोग के लिए सावधानी से योजना बनाना आवश्यक है । उपयुक्त सामग्री एकत्र करनी चाहिए—हो सके तो यह काम स्वय बच्चे ही करें । कार्य-विधि की योजना बना लेनी चाहिए । तब उस योजना का पालन सचाई से करना चाहिए ताकि परिणाम पूरा विश्वासप्रद निकल सके ।

4 जहां तक हो सके, स्वयं बच्चों को ही प्रयोग करना चाहिए । वे अलग-अलग या समूहों में भी प्रयोग कर सकते हैं । यह इस पर निर्भर है कि प्रयोग क्या है और कितनी सामग्री उपलब्ध है । ऐसे प्रयोगों को, जिनमें आग लगने का डर हो या जो बहुत जटिल हों, या तो किया न जाए या उन्हें शिक्षक स्वयं करें ।

5. बहुधा बच्चे अपने प्रश्नों के उत्तर पाने के लिए स्वय उचित प्रयोग सोच सकते है । वे प्रत्येक दृष्टिकोण से सबसे अधिक सन्तोषप्रद होते हैं । प्रयोगों का सदा जटिल होना आवश्यक नही है हालाकि कुछ शिक्षक यही मानते है । यह भी आवश्यक नहीं है कि उनका वर्णन किसी पुस्तक में मिले—कभी मिलता है, कभी नही भी मिलता ।

6 प्रयोगो को सावधानी से और ठीक निर्देशों के अनुसार ही करना चाहिए—चाहे वे पुस्तकों में मिलें, चाहे कक्षा में विवेचन करने से ।

7. छात्रों को बड़ी सावधानी से देखना चाहिए कि जब वे प्रयोग करते हैं तो क्या होता है, ताकि उनके परिणाम अधिक विश्वसनीय हों । उदाहरणत. मान लीजिए, वे यह जानने की चेष्टा कर रहे हैं कि पौधों की पत्तियों से पानी निकलता है अथवा नही । वे पौधे को कांच के बरतन से ढकने का और बरतन के भीतर की हवा से भूमि का सम्पर्क काटने का साधारण प्रयोग करने के लिए उपकरण संघटित करते हैं । दूसरे दिन बरतन में पानी की बूंदें कांच के भीतर दिखाई पड़ती हैं । बच्चे तुरन्त निर्णय करते हैं कि उनको अपनी समस्या का उत्तर मिल गया । परन्तु इस बात का निश्चय कैसे किया जाए कि यह पानी बरतन के भीतर की हवा से नहीं निकला है ? इसका निश्चय वे नहीं कर सकते । परन्तु मान लीजिए, वे ठीक ऐसा ही एक दूसरा उपकरण भी संघटित करते हैं जिसमें पौधे का गमला, कांच का बरतन, मिट्टी इत्यादि होते हैं, परन्तु उसमें पौधा नहीं रहता । दोनों उपकरणों को अगल-बगल रख लिया जाता है और परिणाम देखा जाता है । इस बार यदि पौधे वाले बरतन की भीतरी सतह पर पानी इकट्ठा होता है और बिना पौधे वाले बरतन में पानी इकट्ठा नहीं होता तो पानी पौधे की पत्तियों से आया होगा । इस प्रकार के सुव्यवस्थित प्रयोगों

ारा ही बच्चों को प्रयोगों का पूर्ण अर्थ ज्ञात ोगा। इस सम्बन्ध मे यह आवश्यक है कि परिणाम नकालने के पहले प्रयोग को एक से अधिक बार कया जाए। (संख्या 9 भी देखिए)।

8. प्रारम्भिक पाठशालाओं के प्रयोगों के लेए जटिल उपकरणों की अपेक्षा सरल उपकरण धिक उपयुक्त होते हैं। जैसा पहले बताया या है, हाई स्कूल की प्रयोगशालाओं से मंगनी ांग कर लाए गए जटिल उपकरण बहुधा प्रयोग ह वास्तविक उद्देश्य की ओर से ध्यान हटा देते है।

9 प्रयोग से परिणाम निकालते समय छात्रों ो सतर्क रहना चाहिए। केवल एक बार प्रयोग रने से वे कुछ भी सिद्ध नहीं कर सकते। अपने ारिणाम को उन्हें तब तक केवल परीक्षणार्थ समझना वाहिए जब तक वे अधिक साक्ष्य से—या तो अतिरिक्त प्रयोगों से या प्रामाणिक पुस्तकों से—अपने परिणाम का समर्थन नहीं पा जाते। परिणामों को, तथ्य के अनुसार, सही-सही और पूरे रूप में लिखना चाहिए।

10. प्रत्येक प्रयोग के बारे में यह यथासम्भव पूरा-पूरा जान लेना चाहिए कि वह दैनिक जीवन की परिस्थितियों पर किस हद तक और कहां-कहा लागू होता है। यह काम कठिन है, परन्तु विज्ञान के अध्ययन का यह भी एक महत्वपूर्ण अंग है। जब कोई प्रयोग पूरा हो जाता है तो उसका उपयोग करने के लिए वह पहला ही कदम होता है। उदाहरणार्थ, जब छात्र लोहे के मुरचा खाने के बारे मे प्रयोग कर चुकेंगे तो वे सम्भवतः यह देखना चाहेंगे कि चीजों को मुरचा खाने से कैसे बचाया जाए। तब एक गीली, बिना रंगी कील और एक उसी तरह की, परन्तु तेल-रंग से अच्छी तरह रंगी कील से प्रयोग किया जाता है। प्रयोग करने वाले देखते हैं कि बिना रंगी कील में मुरचा लग जाता है, परन्तु दूसरे मे नहीं लगता। अब वास्तविक ज़ीवन में यह सिद्धान्त कैसे प्रयुक्त होता है? पाठशाला में? घर पर? पाठशाला आने के मार्ग में और अन्यत्र? प्रयोग इसलिए किया गया था कि मुरचा सम्बन्धी जानकारी प्रत्यक्ष देखी जाए। उसके उपयोगों से देखा जा सकता है कि यह जानकारी कितनी महत्वपूर्ण है।

बच्चों को स्वयं अपने किए हुए प्रयोगों द्वारा तथ्य सीखने के लिए प्रेरित करना कठिन काम नही है। छात्रों को अनुभव करना चाहिए कि वे प्रयोग इसलिए नही कर रहे कि वे वैज्ञानिकों के समान किसी ज्ञान का पहली बार आविष्कार करें बल्कि केवल इसलिए कर रहे हैं कि वे वैज्ञानिक बातों को अच्छी तरह समझ ले।

पढ़ना

उन रीतियों की सूची मे, जिनसे बच्चे विज्ञान सीखते है, पढने का स्थान बहुत ऊपर है। दुर्भाग्य-वश, विज्ञान के कुछ पाठ्यक्रम तो घट-घटा कर केवल पढ़ने तक ही सीमित रह जाते है, और उनके साथ अन्य कोई कार्य नही किया जाता। तो भी, विज्ञान सीखने की एक रीति यह अवश्य है कि पढ़ा जाए, और इसे फलप्रद साधन बनाने के लिए यह आवश्यक है कि पढने की योजना सावधानी से बनाई जाए। विविध कक्षाओं के छात्रों के स्तर के अनुसार उपयुक्त पाठ्य सामग्री उपलब्ध होनी चाहिए और छात्रों को उनके पढने में सहायता मिलनी चाहिए। इस सम्बन्ध में निम्नलिखित बाते महत्वपूर्ण हैं :

1 पढ़ाई मे तथ्य और कल्पना में भेद करना सीखने के लिए विज्ञान की कक्षा बच्चों के लिए सबसे अच्छी वस्तु है, अर्थात् उन्हे यह जान लेना चाहिए कि कुछ पुस्तके विशुद्ध मनोरंजन के लिए लिखी जाती हैं और अन्य पुस्तके ज्ञान के प्रसार के लिए। जो कुछ वे पढते हैं, उसे सत्यता की कसौटी पर कसना उन्हें सीखना चाहिए। पुस्तकों की सामग्री से परिणाम निकालने में उन्हें सावधानी से काम लेना सीखना चाहिए, उदाहरणार्थ प्रामाणिक उद्गम से तुलना। किसी प्रसंग में अगर किसी तथ्य की जाच किसी प्रामाणिक आकर ग्रन्थ मे करें और उसे सही पाए तो इसका अर्थ यह नही है कि यह मान लिया जाए कि पुस्तक

सर्वत्र अवश्य ही शुद्ध है। छपे पृष्ठों पर अशुद्धि पा जाना ज्ञानवर्धक अनुभव हो सकता है। उससे छात्र यह बहुमूल्य पाठ सीख सकता है कि केवल छप जाने से ही कोई बात सत्य नहीं हो जाती।

2. मन में एक निश्चित उद्देश्य रख कर पढ़ना चाहिए। उदाहरणार्थ छात्र के निजी अनुमान की सत्यता की जांच करना, सूचना अथवा ज्ञान की प्राप्ति करना, यह पता लगाना कि कोई प्रयोग कैसे किया जाए, किसी प्रश्न का उत्तर ढूंढना या किसी समस्या का हल ढूंढना।

3. किसी विशेष विषय पर अध्ययन सामग्री प्राप्त करने के लिए विविध पुस्तकों का देखना वांछनीय होता है। इस प्रकार अधिक जानकारी मिलती है। और इससे विविध दृष्टिकोणों का पता चलता है।

4. छात्रों के लिए बहुधा यह आवश्यक होता है कि सरल 'अनुसन्धान' के रूप में वे अपनी निजी पढ़ाई करें। ऐसा होने पर सावधानी से टिप्पणियां लिख लेना आवश्यक है ताकि कक्षा को यथार्थ विवरण दिया जा सके।

5. पढ़ने की सामग्री उपयुक्त होनी चाहिए। यह अधिकतर शिक्षक का उत्तरदायित्व है, परन्तु बच्चों की सहायता भी वांछनीय है। बहुत कठिन अथवा बहुत सरल, अथवा अनुपयुक्त सामग्री से, जो बच्चे के प्रश्न का उत्तर दे पाने में असमर्थ हो, बच्चे हतोत्साहित हो जाते हैं। मन्द-बुद्धि छात्रों या उन छात्रों के लिए, जिन्हें पढ़ने में कठिनाई होती है, पठन सामग्री चुनने में विशेष ध्यान देने की आवश्यकता रहती है।

पढ़ने की योग्यता प्राप्त करने और विषय सीखने के काम विज्ञान में साथ-साथ चल सकते हैं। परन्तु पढ़ना विज्ञान सीखने की केवल एक रीति है। उस पर बहुत बल देना विज्ञान सिखाने के कुछ आधारभूत सिद्धान्तों की अवहेलना है।

इसके पहले कि विज्ञान सीखा जाए, उससे आनन्द मिले और वह बालकों और बालिकाओं के जीवन में काम आ सके, उसे पुस्तक के पृष्ठों को छोड़ कर उनके दैनिक अनुभव में स्पष्ट रीति से प्रवेश चाहिए। पाठ्य-पुस्तकें केवल अच्छे पथ-प्रदर्शक का काम दे सकती हैं। पहले, छात्र और शिक्षक मिल कर समस्याएं एकत्रित करें। समस्या को हल करने की रीतियां पूरे समूह द्वारा निश्चित की जाए। तभी पढ़ना एक अत्यन्त उपयोगी विधि के रूप में माना जा सकता है और प्रायः सदा होता भी है। पाठ्य-पुस्तक से अधिकतर आवश्यक जानकारी या ज्ञान प्राप्त होगा, परन्तु इसका अर्थ यह नहीं है : 'अपनी पुस्तक को पृष्ठ 18 पर खोलें और 24 तक पढ़ें, और तब जो कुछ पढ़ें उसी पर बात करें।'

प्रेक्षण

सारे विज्ञान-शिक्षण में प्रेक्षण (अर्थात् ध्यान से देखना) एक अन्य अत्यावश्यक क्रिया है। हम अपनी इन्द्रियों के उपयोग से कई बातों का अनुभव करते हैं। सामग्री की बाह्य रचना को अंगुलियों से टटोलना अथवा शुष्क सैल से सम्बद्ध तार को छूकर उसकी उष्मा का अनुभव करना, बादलों के विभिन्न रूप देखना, परछाइयों की लम्बाई के परिवर्तनों को देखना, चिड़ियों की बोली सुनना तथा इसी प्रकार की अन्य अनेक क्रियाएं विज्ञान का एक महत्वपूर्ण अंग हैं। ये सीखने की क्रिया को अधिक प्रभावपूर्ण कर देती हैं।

वस्तुओं के लक्षणों का पता लगाने के लिए, बढ़ती हुई वस्तुओं में परिवर्तन देखने के लिए, जानवरों का रहन-सहन तथा आदतें जानने के लिए और प्रयोगों का परिणाम देखने के लिए बच्चे प्रेक्षण करते हैं। परन्तु बच्चों को उत्तरोत्तर अधिक यथार्थता से प्रेक्षण करना सीखना चाहिए और अपने प्रेक्षणों का विवरण सावधानी से लिखना चाहिए।

यथार्थता से प्रेक्षण करने और प्रेक्षणों का यथार्थ विवरण देने की योग्यता होना परमावश्यक है। इसके बिना सब प्रयोग बिल्कुल व्यर्थ होते हैं, इसके बिना क्षेत्र-भ्रमण (फील्ड ट्रिप्स) और दृश्य साधन भी फलप्रद नहीं हो सकते। यदि हम अधिक सावधानी से प्रेक्षण करने की आदत

डाल ले तो हम दैनिक पर्यावरण से बहुत कुछ सीख सकते हैं। वे छात्र, जो अपने स्कूल के अनुभव में इस रीति से सीखने की आदत बहुत पहले डाल लेते हैं, अपने उन सहपाठियों से, जो इस रीति को नहीं जानते, बहुत आगे बढ़ सकते हैं।

क्षेत्र-भ्रमण

अपनी समस्याओं को हल करने, जानकारी प्राप्त करने और तथ्यों का पता लगाने की दृष्टि से प्रारम्भिक विज्ञान में क्षेत्र-भ्रमण का बड़ा महत्व है। बड़े उद्यान, चिड़ियाघर, टेलीफोन एक्स्चेंज, लकड़ी चीरने का कारखाना, हवाई अड्डा, जल साफ करने का संयन्त्र, चावल का खेत और पाठशाला के पास के अन्य इसी प्रकार के स्थानों पर शिक्षक और छात्र बहुधा जाते हैं। यदि भ्रमण की योजना अच्छी तरह और सही उद्देश्य से न बनाई जाए तो वह शिक्षक के लिए सरदर्द, बच्चों के लिए छुट्टी-मात्र और पाठशाला के लिए जनता में बदनामी उत्पन्न कर सकती है।

बच्चों को चाहिए कि किसी निश्चित उद्देश्य को मन में रख कर ही भ्रमण करें——उन प्रश्नों का उत्तर पाने के लिए जिनके उत्तर साधारणतः क्षेत्र-भ्रमण में ही निजी प्रेक्षण द्वारा सही-सही पाए जा सकते हैं। बालकों को भ्रमण का उद्देश्य जानना चाहिए और उस व्यक्ति को, जो क्षेत्र में पथप्रदर्शक का काम करे, यह जानना चाहिए कि बच्चे क्या देखना और क्या सीखना चाहते हैं। शिक्षक को चाहिए कि वह पहले उस स्थान को स्वयं देख आए और पथप्रदर्शक से बात कर ले। बच्चों को एक साथ रखने में उसे पथ-प्रदर्शक की सहायता करनी चाहिए और इसका भी ध्यान रखना चाहिए कि बच्चों को देखने और प्रश्न पूछने का पूरा-पूरा अवसर मिले।

भ्रमणों को पाठ्य विषय का आवश्यक अंग मानना चाहिए, न कि एक साधारण क्रिया-मात्र। विज्ञान की पाठ-योजना में क्षेत्र-भ्रमण अत्यन्त महत्वपूर्ण भी सिद्ध हो सकते हैं और केवल समय बरबाद करने वाले भी। सम्भवतः यह कहना निरापद होगा कि क्षेत्र-भ्रमण की तैयारी में और उससे परिणाम निकालने में केवल भ्रमण में लगाए गए समय से अधिक समय लगना चाहिए।

दृश्य साधन

एक अन्य रीति, जिससे छात्र विज्ञान सीखते हैं, यह है कि वे उसे चित्रों में देखें, चाहे चलचित्रों में या फिर स्थिर चित्रों में। प्रारम्भिक पाठशालाओं की शिक्षा के सम्बन्ध में दृश्य साधनों का गुणगान अनेक लोगों ने किया है। आजकल जो साधन उपलब्ध हैं, उनमें कुछ का उपयोग किए बिना विज्ञान का पाठ्यक्रम अधूरा ही रह जाता है, परन्तु यह बहुत कुछ इस पर निर्भर है कि इस साधन का उपयोग कैसे किया जाता है। चलचित्र और प्रक्षेपी (प्रोजेक्शन लैण्टर्न) द्वारा दिखाए गए स्थिर चित्र अनेक उपयोगी साधनों में से हैं। अन्य साधन भी इतने ही महत्वपूर्ण हैं।

यदि चलचित्रों या प्रक्षेपी का उपयोग करना हो तो नीचे दी गई कुछ आवश्यक बातों का ध्यान रखना चाहिए

1. फिल्म का चुनना, चाहे वह चल हो अथवा स्थिर, उतना ही महत्वपूर्ण है जितना पुस्तक का चुनना। वे फिल्में, जो उच्च स्तर के लिए बनाई जाती हैं, प्रारम्भिक कक्षाओं के छात्रों के लिए बेकार रहती हैं। फिल्में ऐसी चुननी चाहिए जिनका प्रस्तुत समस्या से सीधा सम्बन्ध हो और जो विशेष रूप से उसी स्तर के लिए बनाई गई हों, जिनके लिए उनका उपयोग किया जाएगा।

2. फिल्मों को शिक्षक और छात्रों की एक समिति, पहले से देख ले, जिससे पता चल जाए कि वे दिखाने योग्य हैं या नहीं, और तब उन्हें देखने के लिए छात्रों को आवश्यक जानकारी आदि देकर तैयार किया जा सके। फिल्म को पहले से देख लेने से इस बात को निश्चित करने में सहायता मिलती है कि फिल्म का उद्देश्य क्या है और क्या वह उसे युक्तियुक्त ढंग से स्पष्ट कर सकती है; और उसे कब दिखाना

चाहिए----विषय के अध्ययन-क्रम के आरम्भ में, बीच में अथवा अन्त में, अथवा एक से अधिक बार अथवा किसी भी समय ?

3 फिल्म दिखाने के पहले कक्षा को तैयार कर लेना चाहिए । छात्रों को जानना चाहिए कि फिल्म में क्या विशेष बात देखनी चाहिए और वे फिल्म को क्यों देख रहे है ?

4. फिल्म के बाद विचार-विमर्श परमावश्यक है । इस विचार-विनिमय मे प्रश्न पूछे जाते है, विचार स्पष्ट किए जाते है और बातें समझाई जाती है ।

5. यह चेष्टा करनी चाहिए कि छात्र यह अनुभव करें कि फिल्म मनोरजन के लिए नही, बल्कि शिक्षा के लिए दिखाई जा रही है ।

चलचित्र और स्लाइड फिल्मों द्वारा दिखाई जाने वाली फिल्मे उन दृश्य साधनो मे से केवल एक है जो प्रारम्भिक पाठशाला के विज्ञान में उपयोगी होते है । बहुधा लोग भूल जाते है कि पत्रिकाओं और उसी प्रकार को पुस्तक-पुस्तिकाओं से लिए गए चित्रो का भी उपयोग किया जा सकता है । कई पाठशालाओ मे शिक्षक, छात्र और उनके माता-पिता ने मिल कर शिक्षण सम्बन्धी चित्रों का बहुत अच्छा संग्रह एकत्र किया है । ऐसे चित्रों के उदाहरण ये है : वे चित्र जो यह दिखाते है कि जन्तु कैसे बढते है, वे स्वयं को अपने वातावरण के अनुकूल कैसे बना लेते है, वे कहा रहते है, और क्या खाते है; वे चित्र जो यह दिखाते है कि हम बिजली, मशीनो, लैन्सों तथा विविध प्रकार की ऊर्जा का उपयोग कैसे करते है । इसके अन्य उदाहरण भी है । यह स्मरण रखना महत्वपूर्ण है कि इन संग्रहों को कुछ महत्वपूर्ण धारणाओं को स्पष्ट करने के लिए एकत्र करना चाहिए, न कि केवल चित्र इकट्ठे करने की धुन के लिए।

प्रतिकृतियां (माडल) कल्पनाओं को स्पष्ट करने मे बहुधा उपयोगी होती है और उन्हें प्रमुख इसी काम के लिए प्रयुक्त करना चाहिए । प्रारम्भि विज्ञान की कक्षाओं में प्रतिकृतियां बनाने के दृष्टान्त है, जिनमें लगा समय लगभग पूर्णत नष्ट ही जाता है । उदाहरणार्थ प्रारम्भिक पा शाला के स्तर पर मोम से फूल के अवयवों प्रतिकृति बनाना बहुत उपयोगी नहीं होत क्योंकि इस स्तर पर फूल की ब्यौरेवार संरच का ज्ञान आवश्यक नही है । दूसरी ओर, सौ परिवार के बारे में पर्याप्त कठिन कल्पनाएं कि प्रतिकृति की सहायता से अधिक सुगमता से सम मे आ जाती हैं । ऐसी प्रतिकृति से छात्रों को आपेक्षि नापों और सौर-परिवार के विविध सदस्यों बीच की दूरियो का अनुमान मिलता है और उन उनके आकारो और उनके बीच की दूरी धारणाओ का, जिन्हें समझना वे अब आरम्भ कर सकते है, अधिक अच्छा बोध प्राप्त कर में सहायता मिलती है । जिस प्रकार अन्य शिक्षण साधनों के उद्देश्यों को हमेशा ध्यान में रख जाता है, उसी तरह प्रतिकृति बनाने के उद्देश्य पर भी भली-भांति विचार कर लेना चाहिए । ऋतु सम्बन्धी उपकरणो की प्रतिकृतियां और सन्तुलन-खिलौनों का बनाना निर्माण से सम्बन्धित काम है, जिनसे बच्चों की जानकारी बढती है ।

इस तरह कई प्रकार के कार्यकलाप है, जिनमे छात्र विज्ञान सीखते है । किसी कार्य का चुनना इस पर निर्भर है कि उससे क्या प्राप्त करना है । उद्देश्य यह होना चाहिए कि समझ, रुचि, वस्तु-तथ्यों की जानकारी बढे, न कि केवल दिखाने के लिए ही काम किया जाए । कार्यकलाप ऐसे होने चाहिए कि उनसे वैज्ञानिक सिद्धान्त अथवा कल्पना अधिक सजीव, अधिक रोचक हो जाए और छात्रों को अपने मस्तिष्क और हाथों से भी उनमें भाग लेने का अवसर मिले ।

विज्ञान सिखाने के साधन

लोग बराबर कहा करते है कि बालकों और बालिकाओं को पाठ्यचर्या को अधिक सजीव और सामिप्राय बनाने के लिए हमे पास के साधनों का उपयोग करना चाहिए । बहुधा विषय-वस्तु तथा शिक्षा की विधियां ऐसी होती है कि पास की वस्तुएं बेकार और विषय से दूर जान पड़ती है,

क्योंकि पढ़ाई को बच्चों के अनुभव से सम्बद्ध किए बिना ही हम पढ़ाने की चेष्टा करने लगते हैं। देहाती क्षेत्रों में अगणित साधन प्राप्त हो सकते हैं और किन्हीं भी दो क्षेत्रों की साधन-सम्पदा समान नहीं होगी।

यहां जिस प्रकार के साधन बताए गए हैं, वे कम-से-कम तीन रीतियों से उपयोगी हैं : प्रेक्षण करने वाले छात्रों को अधिक प्रश्न पूछने की प्रेरणा मिलती है, प्रश्नों के उत्तर पाने के लिए वे उत्तर-पुस्तिकों का काम देते हैं और वे विज्ञान की धाराओं को अधिक मूर्त बनाते हैं।

साधन

आगामी पृष्ठों में स्थानीय साधनों के कुछ उदाहरण नमूने के रूप में दिए गए हैं। उनके उपयोग के बारे में सुझाव भी दिए गए हैं।

1. **कंकड़ अथवा पत्थर की खान** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकती है :

यह सीखना कि पृथ्वी का तल अनेक वर्षों में किस प्रकार बदल गया है; इस बात का उदाहरण देखना कि पृथ्वी से निकले पदार्थ का उपयोग मनुष्य कैसे करता है; यह सीखना कि भू-वैज्ञानिक सामग्री के प्रेक्षण से पृथ्वी की आयु और ऋतु-परिवर्तन सम्बन्धी अनेक बातें जानने में वैज्ञानिकों को कैसे सहायता मिलती है; यह देखना कि मशीनों को किस प्रकार उपयुक्त ढंग का बनाया जा सकता है, और उन्हें किस प्रकार मनुष्य की सेवा में प्रयुक्त किया जा सकता है; भूतकाल के जन्तुओं के अध्ययन के लिए जीवाश्म (फासिल) प्राप्त करना।

सम्भव उपयोग : प्रेक्षण तथा सामग्री एकत्र करने के लिए क्षेत्र-भ्रमण करिए, उस स्थान के बारे में मालिक की वार्ता सुनिए, यह भी सुनिए कि बाजार में माल किस तरह भेजा जाता है, सुरक्षा के लिए क्या सावधानियां बरती जाती हैं, इत्यादि।

2. **पाठशाला के पास का वन** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

उन परिवर्तनों का पता लगाना जो जन्तुओं और पौधों में ऋतु के अनुसार होते हैं; पौधों और जन्तुओं के रहन-सहन का अध्ययन; पता लगाना कि जन्तु कहा रहते हैं; देखना कि जन्तुओं की दुनिया और पेड़-पौधों की दुनिया किस प्रकार एक-दूसरे पर आश्रित हैं; यह देखना कि भौतिक परिस्थितियां, उदाहरणतः नमी, ताप और धूप की मात्रा किस प्रकार जीवित प्राणियों पर प्रभाव डालती हैं; उपयोगी और हानिकारक प्राणियों और पौधों के उदाहरण प्राप्त करना; प्रकृति के आश्चर्यों के बारे मे जानना; वन-परिरक्षण सम्बन्धी विविध अवस्था-क्रमों का अध्ययन।

सम्भव उपयोग : प्रेक्षण सामग्री एकत्र करने के लिए क्षेत्र-भ्रमण करें, चुनी सामग्री को कक्षा में लाइए।

3. **जला हुआ क्षेत्र** (सड़क का किनारा, खेत या वन) निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

पता लगाना कि पौधों और प्राणियों पर जलने का क्या प्रभाव पड़ता है; आग लगने के कारण का अध्ययन; यदि आग का लगना हानिकारक है तो ऐसी आग न लगने देने की रीतियों की ओर ध्यान आकृष्ट करना; ऐसी आग को रोकने की रीतियां सीखना; यह देखना कि जले क्षेत्रों में जीवन फिर कैसे आरम्भ होता है; पर्याप्त समय तक निरीक्षण करके यह देखना कि स्थान के फिर बसने में कितना समय लगता है; देखना कि उस क्षेत्र के अपक्षरण (अर्थात् मिट्टी के कट कर बह जाने) पर क्या प्रभाव पड़ता है।

सम्भव उपभोग : आग के परिणाम की परीक्षा करने के लिए उस स्थान पर जाइए, अग्नि से क्षतिग्रस्त हुई सामग्री एकत्र करिए और उसकी जांच करिए।

4. **पास का कोई खेत** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

अपक्षरण के चिह्न देखना, जिससे पता चले कि इसका प्रारम्भ कैसे होता है और इसकी रोक-थाम कैसे हो सकती है; यह देखना कि पौधे स्वयं को पर्यावरण के अनुकूल किस प्रकार

बनाते है, उदाहरणार्थ पत्तियो की स्थिति, जड़ो की लम्बाई तथा स्थिति और पत्तियों की सरचना; विविध प्रकार के कीड़ों का प्रेक्षण, यह देखने के लिए कि वे कहां तक पर्यावरण के अनुकूल हैं; लाभदायक या हानिकारक कीड़ो को कैसे मारा जाता है; यह देखना (यदि खेतों मे फसल उगाई जा रही हो) कि आर्द्रता देने के लिए पौधों की देखभाल कैसे की जाती है; खेत के ऊचे और नीचे भागो मे नमी की विविध मात्राएं देखना; यह देखना कि जहां अधिक आर्द्रता रहती है वहा के पौधे आदि किस प्रकार भिन्न होते है।

सम्भव उपयोग : पौधो का प्रेक्षण करने के लिए खेतो मे जाइए, विशेष अध्ययन के लिए कुछ पौधों को खोद कर साथ लाइए, अधिक अध्ययन के लिए कीड़े एकत्र करिए, विषय को जानने वाले किसी व्यक्ति से कहिए कि वह खर-पात (वीड) और कीड़ो के नियन्त्रण की समस्याओ पर कक्षा में अपने विचार बतलाए।

5. निर्माण-अधीन भवन निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

यह देखना कि बिजली का तार कैसे लगाया जाता है; यह देखना कि मकान को कैसे इंसुलेट किया जाता है, जिससे बाहर की ठण्डक या गरमी भीतर न घुसे*; यह देखना कि कौन-कौन से विभिन्न पदार्थों का उपयोग हो रहा है; नींव खोद कर निकाली गई मिट्टी के नमूनों की परीक्षा और उद्यान की मिट्टी से उसकी तुलना; यह सीखना कि मल और गन्दे पानी की निकासी कैसे की जाएगी।

सम्भव उपयोग : अध्ययन के लिए भवन-निर्माण सामग्री के नमूने एकत्र करिए, जैसे बिजली के तार, जिन पर भिन्न-भिन्न प्रकार के विसवाही (इंसुलेटिंग) पदार्थ हो; राकवूल (ऐस्बेसटस) तथा उष्मा से इंसुलेट करने वाले अन्य पदार्थ, मिट्टियों के नमूने, इत्यादि। उन कारीगरों से बात कीजिए, जो घर में तार अथवा पाइप लगा रहे हैं या इसी प्रकार के अन्य काम कर रहे है। यदि कोई कुआं हो तो देखिए कि उसके लिए स्थान कैसे चुना गया और उसकी खोदाई कैसे की जाती है। यदि घर के भीतर ही मल-त्याग का प्रबन्ध है तो देखिए पाइप, मलकूप आदि कहां और कैसे लगे है, यदि बाहर है तो देखिए जिस स्थान पर कूप बनाया गया है वहां उसकी और पानी के आने-जाने के मार्ग की दूरी या निकटता क्या है और वही स्थान क्यों चुना गया है ?

6 लकड़ी चीरने का कारखाना निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

यह सीखना कि काटने के लिए पेड़ कैसे चुने जाते हैं; पता लगाना कि कम आयु वाले वृक्षो की रक्षा कैसे की जाती है; यह सीखना कि किस प्रकार की लकड़ियां बहुमूल्य समझी जाती है और क्यों, मशीनों का उपयोग देखना; देखना कि अनगढ़ इमारती लकड़ी कैसे तैयार की जाती है और कैसे सुखाई जाती है, प्राणियों और पौधों के जीवन में जंगल कट जाने पर होने वाले परिवर्तनों का प्रेक्षण।

सम्भव उपयोग : लकड़ी चीरने के कारखाने में जाइए और वहां के कार्यक्रम को ध्यान से देखिए। लकड़ी के नमूने लाइए, जिनमें वार्षिक वलय देखे जा सकें, जंगल में जाकर देखिए कि पेड़ कैसे काटे जा रहे है, इस बात को देखिए कि विविध मशीनें कार्मिकों की सहायता किस प्रकार कर रही हैं।

7. फार्म निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

खाद्यान्नों का परिरक्षण तथा उनका सग्रह करने की विविध रीतियों का, पशुओं की देखभाल का और तरकारियों तथा फूलों की खेती का प्रेक्षण करना; घर, खेत, खलिहान, उद्यान तथा फल-उद्यान में मशीनो का उपयोग देखना; यह देखना कि मकान तथा खेत में आग लगने से बचने के लिए क्या प्रबन्ध है और दुर्घटनाओं से बचने के लिए क्या उपाय किए जाते है ?

*भारत में इंसुलेटिंग की प्रथा नहीं है—अनुवादक

सम्भव उपयोग : फार्म पर विज्ञान का क्रियात्मक उपयोग देखने जाइए; विद्यार्थी अपने घर में देखे हुए वैज्ञानिक तथ्यों और उपयोगों का विवरण दें।

8. **तरकारियों और फलों का खेत** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

यह देखना कि पौधे पर्याप्त प्रकाश, नमी और बढ़ने के लिए अन्य आवश्यकताएं कैसे पूरी करते हैं; यह सीखना कि बोने के लिए भूमि कैसे तैयार की जाती है, पौधे कैसे बोए और रोपे जाते हैं और बीज कैसे बिखरते हैं; यह अध्ययन करना कि पौधे कैसे स्वयं परागित (सेल्फ पालिनेटेड) अथवा पर-परागित (क्रास पालिनेटेड) होते हैं और बीज कैसे अंकुरित होते हैं तथा पौधे कैसे बढ़ते हैं; यह सीखना कि विविध प्रकार के पौधों के लिए किस प्रकार की मिट्टियां उपयुक्त होती हैं और मिट्टी की जांच कैसे की जाती है; यह प्रेक्षण करना कि पौधे आहार कैसे संचित करते हैं, और ऋतु के अनुसार पौधों में क्या परिवर्तन होते हैं।

सम्भव उपयोग : पौधों और उनके बढ़ने की रीतियों का प्रेक्षण करने के लिए उद्यानों को देखिए; उन बीजों और फलों का संचय करिए जिनसे विकीर्णन (बिखरने) की रीतियां दिखाई दे सकती हैं; कक्षा में बीज अंकुरित करिए, जिससे पौधों के उगने और बढने पर अधिक बातें सीखी जा सकें; पौधों के बढने पर, प्रकाश, ताप, और नमी का प्रभाव देखने के लिए प्रयोग कीजिए; यदि हो सके तो पाठशाला में एक उद्यान लगाइए जिससे पौधों के उगने और बढ़ने के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त की जा सके।

9. **मधुमक्खी-पालन उद्यान** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :—

यह देखना कि मधुमक्खियों की देखभाल कैसे होती है; यह देखना कि छत्ते (हाइव) किस प्रकार बनाए जाते हैं और जाड़े के लिए उनमें क्या व्यवस्था की जाती है; यह देखना कि जब मधुमक्खियां झुण्ड बनाती हैं (या एक झुण्ड में उड़ती हैं) तो क्या होता है तथा उनकी देखभाल किस प्रकार की जाए कि वे किसी को काटे नहीं और मधुमक्खियां मनुष्य के लिए किस प्रकार उपयोगी होती हैं; मधुमक्खियों को काम करते हुए देखना, और यह देखना कि छत्ते के भीतर उनका जीवन कैसे चलता रहता है; एक ऐसे कीट-वर्ग का अध्ययन करना, जो समाज-प्रिय हो और जो मनुष्य के लिए उपयोगी हो।

सम्भव उपयोग : मधुमक्खी-पालन उद्यान में जो विविध काम किए जाते हैं उन्हें वहां जाकर ध्यान से देखिए। मधुमक्खियों के बारे में जानकारी प्राप्त करने और यह सीखने के लिए कि वे किस प्रकार रहती हैं मधुमक्खी-पालक से बात कीजिए; मरी मधुमक्खियों को प्रवर्धक लैन्स अथवा सूक्ष्मदर्शी के नीचे रख कर ध्यान से देखिए।

10. **पाठशाला की भूमि पर लगा हुआ कोई वृक्ष** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

ऋतु के अनुसार होने वाले परिवर्तनों, पत्तियों के विन्यास, कलिकाओं के बनने और बढने का प्रेक्षण करना; पक्षियों का रहन-सहन और उनके घोंसले देखना और उनकी उपयोगिता जानना।

सम्भव उपयोग : वृक्ष को समय-समय पर देखिए और प्राप्त तथ्यों पर विचार-विनिमय कीजिए; छोटी शाखाएं काटिए और उनका अधिक ब्यौरेवार अध्ययन करिए।

11. **फलों का उद्यान** निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

यह सीखना कि पौधे दूसरी जगह कैसे रोपे जाते हैं; उन पर छिड़काव कैसे किया जाता है और वे किस प्रकार छांटे जाते हैं; पौधों और उपयोगी कीटों (मधुमक्खियां), हानिकारक कीटों (स्केल अर्थात् शल्क, ऐफिड़ अर्थात् रस चूसने वाले कीड़े) तथा अन्य कीटों का सम्बन्ध देखना; एक उदाहरण देखना कि मनुष्य पौधों से अपना आहार पाने के क्या उपाय करता है; ताप में होने वाले अचानक परिवर्तनों अथवा अन्य ऋतु

सम्बन्धी घटनाओं का पौधे की वृद्धि पर प्रभाव देखना ।

सम्भव उपयोग : वर्ष के विविध समयों पर फल-उद्यान मे जाइए और वृक्षों को देखिए; विशेष फलों को ध्यान में रखिए और देखिए कि जैसे-जैसे ऋतु बदलती है उन पर क्या प्रभाव पड़ता है; कीटों और कीटों द्वारा क्षतिग्रस्त फलों को एकत्र कीजिए और उनका अध्ययन कीजिए ।

12. नाला या पोखर निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकता है :

विविध प्रकार के पौधों का जीवन देखना और यह देखना कि तने, जड़ें, पत्तियां, फूल और फल स्वयं को नमी वाले पर्यावरण के अनुकूल कैसे बना लेते हैं । यह देखना कि जल में या जल के निकट रहने के लिए जन्तु किस प्रकार उसके अनुकूल हैं और भूमि के जन्तुओं से उनकी तुलना; देखना कि ये जन्तु और पौधे ऋतुओं के बदलने पर किस प्रकार बदलते हैं; आहार-प्राप्ति और निवास-निर्माण सम्बन्धी उनका आचरण देखना ।

सम्भव उपयोग: ऊपर बताए गए विज्ञान के उपयोगों को देखने के लिए उन इलाकों में जाइए, अधिक अध्ययन के लिए पौधों और प्राणियों के नमूने इकट्ठे कीजिए ।

13. सड़कों के आसपास के स्थल निम्नलिखित के लिए शिक्षाप्रद हो सकते हैं :

प्राणियों के निवास देखना, और आहार-प्राप्ति की उनकी रीतियां तथा बच्चों का पालन देखना; विविध प्रकार के वानस्पतिक जीवन का प्रेक्षण यह देखने के लिए कि पर्यावरण के अनुसार उनमें क्या अनुकूल परिवर्तन हो सकते हैं—उदाहरणार्थ बीज-विकीर्णन की रीतियां और सूखे अथवा अधिक नमी की परिस्थितियों में उनमें विभिन्नता, पौधों और प्राणियों का परस्पर सम्बन्ध (उदाहरणार्थ पौधों और कीटों का सम्बन्ध); अपक्षरण अर्थात् मिट्टी के कट कर बह जाने के उदाहरणों का तथा उसे रोकने के उपायों का अध्ययन । यदि सड़क किसी पहाड़ी को काटती हुई जाती है तो छात्र ऊपर की मिट्टी और नीचे की मिट्टी का अन्तर देख सकते हैं, ऊपरी मिट्टी की गहराई देख सकते हैं और तब अधिक अच्छी तरह समझ सकते हैं कि उसे बह जाने से बचाना कितना अधिक महत्वपूर्ण है ।

सम्भव उपयोग : ऊपर बताए गए उदाहरणों के प्रेक्षण के लिए क्षेत्र पर जाइए, ऊपरी और नीचे की मिट्टियों के नमूने लाइए, प्रत्येक में पौधे उगाने की चेष्टा करिए और परिणामों का अध्ययन कीजिए; अलग-अलग तरीके से विकीर्ण होने वाले बीजों के नमूने एकत्र करिए ।

14 समाज के विभिन्न वर्गों के लोग :

समाज में ऐसे लोग होते हैं जो हमें सहायता दे सकते हैं । उदाहरणत: अनेक माता-पिता बहुत दूर-दूर तक यात्रा करने का अनुभव रखते हैं; कुछ पशु-पालन विशेषज्ञ होते हैं; कुछ अच्छे गृहस्थ होते हैं; कुछ शिकार, जानवर फंसाने और मछली मारने के बारे में अपना अनुभव बता सकते हैं । समाज के प्राय: सभी वर्गों में मिस्तरी और मकैनिक होते हैं । ऐसे लोग स्कूल के बच्चों की समस्याओं को हल करने में सहायता देने के लिए बुलाने पर प्रसन्नता से आते हैं । समाज के ऐसे वयस्क लोगों को छात्रों की सहायता के लिए नियमित रूप से बुलाना सभी सम्बन्धित व्यक्तियों के लिए लाभदायक हो सकता है ।

इन साधनों का उपयोग करना

इन सब साधनों का महत्व इस पर निर्भर है कि उनका उपयोग किस प्रकार से किया जाता है । प्रत्येक का उपयोग किसी निश्चित उद्देश्य या उद्देश्यों के लिए करना चाहिए । उदाहरणत: किसी समस्या को हल करने में सहायता पाने के लिए, किसी वैज्ञानिक सिद्धान्त को अधिक स्पष्ट बनाने के लिए, या विज्ञान की उपयोगिता और महानता को अधिक हृदयंगम करने के लिए । क्षेत्र-भ्रमण की तैयारी करते समय शिक्षक और बच्चों के मन में स्पष्ट रूप से एक उल्लिखित समस्या या समस्याएं होनी चाहिए । शिक्षक, और हो सके तो छात्रों की एक छोटी समिति को उस स्थल में पहले ही हो आना चाहिए जहां कक्षा को

ले जाना है ताकि उस स्थान की उपयुक्तता और सुगम्यता का पता चल जाए।

जब कभी छात्र समाज के किसी व्यक्ति से कुछ सूचना पाने की योजना बनाएं तो ऐसा उपाय करिए कि वह व्यक्ति पाठशाला में आने का उद्देश्य समझ ले और वार्ता को इतना सरल रखिए कि बच्चे उसे समझ सकें।

सामग्री के पूर्ण उपयोग के लिए क्षेत्र-भ्रमण के बाद किए जाने वाले विचार-विनिमय की योजना बड़ी सावधानी से बनानी चाहिए। समस्या के हल में तर्कोचित आधार-सामग्री का उपयोग करना चाहिए, और अगर किसी वस्तु के बारे में यह विचार हो कि इन परिणामों के विवरण को लिखित रूप में रख लेना बालकों के लिए लाभप्रद रहेगा तो ऐसे विवरण लिख कर रख लिए जाएं।

अधिकांश पाठशालाएं अभी समाज के व्यक्ति-साधनों का पूरा उपयोग नहीं कर रही हैं। यद्यपि हम कहते हैं कि 'विज्ञान पर्यावरण का अध्ययन है', तो भी हम अपने चारों ओर की अनेक साधारण वस्तुओं को भूल जाते हैं। हमारी उन देहाती पाठशालाओं में पढ़ाई अवश्यमेव बहुत अच्छी नहीं है जहां बहुत कीमती साधन रखे गए हैं। अच्छी पढ़ाई वहां होती है जहां बच्चे और शिक्षक अनुभव करते हैं कि वे विज्ञान की दुनिया में रहते हैं और उसके अध्ययन के लिए सामग्री पास में ही है।

विज्ञान-शिक्षण के लिए सुविधाएं

बहुत थोड़े ही स्कूल, चाहे वे शहर में हों या देहात में, इतने सौभाग्यशाली होते हैं कि विज्ञान की शिक्षा के लिए उनमें एक अलग कमरे की व्यवस्था हो। जहां प्रारम्भिक सामान्य विज्ञान पाठ्यक्रम के अंग के रूप में रहता है, वहां भी साधारणतः विज्ञान की पढ़ाई उसी कमरे में होती है जिसमें अन्य विषय पढ़ाए जाते हैं। परन्तु विज्ञान लगभग सभी अन्य विषयों से इस बात में भिन्न है कि स्वयं अनुभव और प्रयोग किए बिना इसे ठीक से सीखा नहीं जा सकता। विज्ञान के बारे में केवल सुनना या पढ़ना पर्याप्त नहीं होता। यदि विज्ञान की शिक्षा चिरस्थायी करनी है तो बच्चों के लिए यह आवश्यक है कि वे प्रेक्षण और प्रयोग करें।

परन्तु यदि बच्चों को अपनी साधारण कक्षा में प्रयोग और प्रेक्षण करना पड़े तो कुछ कठिनाइयां खड़ी हो जाती हैं, जिनको दूर करना आवश्यक है। इस खण्ड में कुछ ऐसे सुझाव दिए जाएंगे, जिनसे व्यस्त शिक्षक अपनी कक्षा में ही कुछ सुविधाओं की व्यवस्था कर सकेगा ताकि विज्ञान का शिक्षण अधिक रुचिकर हो जाए।

कक्षा में विज्ञान-मंच बनाना

कक्षा के एक कोने को अलग कर लीजिए और इसका नाम 'विज्ञान-मंच' (सायंस कार्नर) रखिए। हो सके तो एक या दो मेजें लीजिए, जिनका उपयोग प्रयोग तथा प्रदर्शन के लिए किया जा सके। सम्भवत. पाठशाला का अभिरक्षक मेज के नीचे सामग्री, उपकरण आदि रखने के लिए, जिनके बारे में आगामी अध्यायों में बताया गया है, टांड (शेल्व्ज) लगाने की व्यवस्था कर देगा। विज्ञान-मंच में प्रदर्शित करने के लिए सामग्री लाने के प्रति छात्रों को उत्साहित कीजिए। कुछ शिक्षक प्रति सप्ताह एक प्रतियोगिता यह देखने के लिए लगा रखते हैं कि कौन-सा छात्र उस वस्तु को लाएगा जो 'इस सप्ताह की विज्ञान वस्तु' चुनी जाएगी।

विज्ञान-मंच क्रियाशीलता और उत्साह का स्थान होना चाहिए। बच्चों द्वारा लाई गई सामग्री को मेज पर इतने समय तक न पड़ा रहने दिया जाए कि उसका आकर्षण ही मिट जाए।

मत्स्यकुण्डों का प्रबन्ध

मत्स्यकुण्ड चिरस्थायी रोचकता की वस्तु है और उसमें विज्ञान की अनेक महत्वपूर्ण क्रियाओं का प्रेक्षण किया जा सकता है। मत्स्यकुण्ड बनाने

और उसकी देख-रेख करने के लिए निर्देश पृष्ठ 75-76 पर दिए गए हैं।

जन्तुओं के पिंजड़े

कक्षा में कई प्रकार के जन्तु प्रेक्षण के लिए रखे जा सकते हैं। कुछ जन्तु पिंजड़े में बन्द होने पर उतने व्यग्र नहीं होते जितने अन्य जन्तु। बच्चों को प्रोत्साहन देना चाहिए कि वे अपने पालतू जन्तुओं को प्रेक्षण तथा अध्ययन के लिए कुछ समय तक पाठशाला में रखें। जन्तुओं के लिए पिंजड़े बनाने के सम्बन्ध में सुझाव पृष्ठ 69-70 पर दिए गए हैं।

ऋतु-शाला (वैदर स्टेशन) की स्थापना करना

अध्याय 8 में ऋतु सम्बन्धी कुछ सरल उपकरणों का वर्णन है। ये ऐसी सामग्री से बनाए जा सकते हैं जो प्रायः सभी जगह मिलती है। ऋतु-परिवर्तनों को हर रोज देखना एक रुचिकर काम है और उससे विज्ञान के अध्ययन के लिए उपयोगी आधार-सामग्री भी मिल सकती है।

विज्ञान बुलेटिन

यदि बच्चों को प्रोत्साहित किया जाए तो वे बराबर ऐसी रोचक पठन सामग्री लाते रहेंगे जिसे उन्होंने किसी समाचारपत्र या पत्रिका से कतरा है। विज्ञान बुलेटिन पट्ट वह स्थान है जहां ऐसी पठन सामग्री प्रदर्शित की जा सकती है। उस पर विज्ञान कक्षाओं में तैयार किए गए चित्र तथा अन्य वस्तुएं भी प्रदर्शित की जा सकती हैं। विज्ञान बुलेटिन पट्ट को विज्ञान-मंच के ऊपर की दीवार पर सुगमता से लटकाया जा सकता है। बुलेटिन पट्ट नरम लकड़ी या प्लास्टर बोर्ड से बनाया जा सकता है।

उगती हुई वनस्पतियां

यदि खिड़कियों की चौखटों पर छोटे-छोटे गमले रख दिए जाएं, जहां उन पर पर्याप्त प्रकाश पड़ सके, तो बीज तथा छोटे पौधे उगाने के लिए पर्याप्त स्थान मिल जाएगा। यदि कुछ प्रयोगों के लिए अधिक स्थान की आवश्यकता हो तो फलों की पुरानी पेटियों से लकड़ी के कम गहरे बक्स बनाए या बनवाए जा सकते हैं या पाठशाला की भूमि का एक अंश इस काम में लिया जा सकता है।

संग्रह अलमारी

एक बार यदि बच्चों में रुचि उत्पन्न हो जाए तो वे सदैव अपनी इच्छा से ही नमूने एकत्र करते रहते हैं। जो कुछ वे एकत्र करते हैं, उनमें से कुछ वस्तुएं अवश्य ही पाठशाला में रख ली जाती हैं। ऐसे कामों को प्रोत्साहन देना चाहिए। ऐसा करने की एक रीति यह है कि एक अलमारी का प्रबन्ध कर दिया जाए जहां विज्ञान की वस्तुएं संग्रह के रूप में अथवा अलग-अलग प्रदर्शित की जा सकें।

अध्याय—2

सामान्य उपकरण बनाना

जहां कहीं भी विज्ञान का शिक्षण, प्रयोग और प्रेक्षण के आधार पर किया जाता है, वहा कुछ उपकरण ऐसे रहते हैं जिनका उपयोग बार-बार करना पड़ता है, जैसे—ज्वालक (बर्नर), तिपाई (ट्रिपाड), फ्लास्क, मत्स्यकुण्ड (अक्वेरिया), छोटे जाल (डिप नेट्स), इत्यादि । शिक्षण के लिए ये प्रायः अनिवार्य हैं । इस अध्याय में ऐसे उपकरणों के बनाने के विषय में सुझाव दिए जाएगे जिनसे बार-बार काम लेना पड़ेगा ।

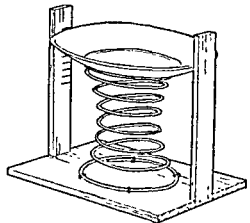
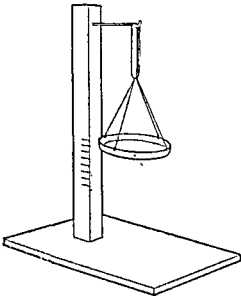
क. तोलने के उपकरण

1. सरल 'कमानी' तुला

टीन के पुराने ढक्कन में कील से ठोंक कर चार छेद कीजिए । ये छेद परिधि के निकट और बराबर-बराबर दूरियों पर हों । इन छेदों मे डोर डालिए और उनके सिरों को इकट्ठा करके गाठ लगा दीजिए । अब इस पलड़े को रबड़ के छल्ले (रबर बैण्ड) से बांध दीजिए और दूसरे सिरे को एक खूंटी से लटका दीजिए ।

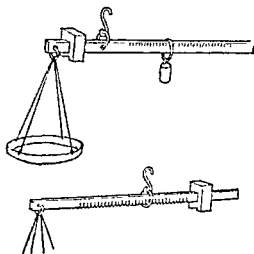
यदि बाट उपलब्ध न हों तो भी इस तुला का अंशांकन मापक जार से पानी के ज्ञात आयतनों को उडेल कर और तब खड़े आधार-दण्ड पर पलड़े के सामने चिह्न लगा कर किया जा सकता है । तब पत्थर के ऐसे टुकड़े खोजे जा सकते हैं जो रबड़ को उतनी ही दूरी तक ताने । इन पत्थरों पर उनकी तौल लिख लेनी चाहिए, जिसमे वे भविष्य में बाटों का काम दे सकें । यह काम सिक्कों से कहां तक चल सकता है, इसकी भी जाच करनी चाहिए ।

2. भारी बोझों के लिए कमानी तुला

कुर्सी अथवा मोटरकार की गद्दी की कमानी को लकड़ी के पटरे पर जड़ दीजिए । यह लकडी इस यन्त्र का आधार (पेंदी) होगी । पलड़ा बनाने के लिए टीन के बड़े ढक्कन का या थाली का उपयोग कीजिए । उसे कमानी के ऊपरी सिरे पर जड़ दीजिए । यदि टाके से कमानी झाली (जोड़ी) न जा सके तो पलड़े मे सुविधाजनक स्थानों में दोहरे छेद करके और उनमें पतला तार डाल कर पलड़ा बांधा जा सकता है ।

आधार-पट्ट में दो खड़ी पटरियां जड़िए । इनका काम तुला के पलड़े के अनुसार माप दिखाना है ।

पलड़े में $\frac{1}{2}$, 1, 2, इत्यादि किलोग्राम रख कर खड़ी पटरियों पर अंशाकन कीजिए। छोटी-बड़ी बोतलों में पानी भरने से लिटर तथा उसके भागों के सुविधाजनक माप-मान बन सकते हैं और अवश्य ही, किसी बोतल में जितने लिटर पानी होगा उतने ही किलोग्राम उस पानी की तौल होगी।

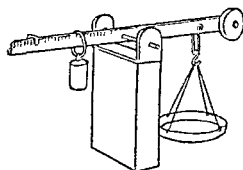
3. विषम-भुज तुलाएं

डण्डी लकड़ी अथवा धातु की बन सकती है। यदि डण्डी धातु की हो तो डण्डी की नीचे वाली सतह पर खाँचे (नॉचेज़) रेते जा सकते हैं, जिनसे विविध भारों के सन्तुलन-बिन्दु का पता चल सकेगा।

4. प्रयोगशाला के लिए विषम-भुज तुला

ऐसी विषम-भुज तुला बनाने के लिए, जो 500 ग्राम तक तोल सके, एक मीटर लम्बी लकड़ी की पटरी लेनी चाहिए। इसमें ऊपरी किनारे से 3 मिलीमीटर हट कर और एक सिरे से 12 सेंटीमीटर पर मोटा सूजा (या मोटी सूई) ठोंकना चाहिए। तुला इसी सूजे पर सन्तुलित होगी। सीसे के गोल टुकड़ों, या अन्य किसी पर्याप्त भारी वस्तु को सम-बाटों की तरह इस्तेमाल किया जा सकता है; यदि सीसे का उपयोग किया जाए तो टीन के ढक्कन में पिघला सीसा ढाल कर सम-बाट बनाया जा सकता है।

तार का रकाब (स्टिरप) बना कर और उससे बूट पालिश की डिब्बी का ढक्कन लटका कर पलड़े का काम चलाया जा सकता है। इसे अक्ष से 6 सेंटीमीटर पर लटकाना चाहिए।

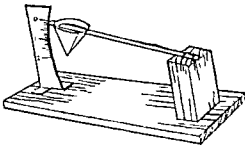
U अक्षर के आकार की धातु की पट्टी (प्लेट) अथवा दर्पण जड़ने की पीतल की दो पट्टिकाएं (प्लेटें) लकड़ी की इष्टिका (ब्लाक) के दोनों ओर जड़ दी जानी चाहिए।

दो खिसकने वाले बाटों की आवश्यकता पड़ेगी। इनमें से एक 50 ग्राम का हो। यह सीसे के टुकड़े को तांबे के तार से लटका कर बनाया जा सकता है। दूसरा 1 ग्राम का हो। इसकी आकृति U अक्षर के समान हो और डण्डी पर इसको (उलट कर) रख दिया जाए। डण्डी के ऊपरी किनारे को 6 सेंटीमीटर के भागों में निशान लगाए जा सकते हैं।

इस यन्त्र का उपयोग करते समय 50 ग्राम के भार को खिसका कर सबसे पास के सन्तुलन-बिन्दु का पता लगाना चाहिए और तब 1 ग्राम वाले आरोही (राइडर) की सहायता से अन्तिम समंजन करना चाहिए। इसके लिए पटरी पर चिह्न नहीं बनाए गए हैं, परन्तु निकटतम चिह्न से इसकी दूरी का पता परकार द्वारा तुरन्त पाया जा सकता है।

इस तुला से तोलने का काम शीघ्र होता है और इसका काम सन्तोषप्रद रहता है।

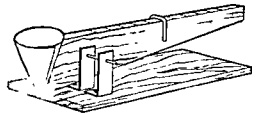
5. घड़ी की कमानी तुला

0–1 ग्राम अथवा 1–10 ग्रामों को तोलने के लिए एक सुग्राही (सेंसेटिव) तुला घड़ी की कमानी के एक टुकड़े और लकड़ी की इष्टिका (ब्लाक) अथवा धागे की रील से सुगमता से बन सकती है।

लकड़ी की इष्टिका या धागे की रील को किसी सुविधाजनक आधार पर जड़ दीजिए । फिर उस पर जेबी घड़ी की कमानी का लगभग 20 सेंटीमीटर लम्बा टुकड़ा जड़िए । कागज या दफ्ती का शंकु के आकार का पलड़ा बनाइए । इस पलड़े को कमानी में, लगभग उसके मुक्त सिरे के पास, मुहर करने की लाख से, या अध्याय 18 मे बताए गए किसी अन्य सीमेंट मे, जोड दीजिए । कमानी के मुक्त सिरे से सकेतक (प्वाइंटर) का काम लीजिए और पोस्टकार्ड से मापनी का। ज्ञात बाटों को पलड़े मे रख कर अंशांकन कीजिए । तुला का सुग्राही होना कमानी पर निर्भर है परन्तु मापनी पर अंश-चिह्न सन्तोपजनक दूरियों पर पडेगे ।

6. सरल विषम-भुज तुला (100 ग्राम तक तोलने वाली)

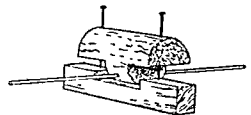
इसका पलड़ा दफ्ती से बनाया जाता है और वह कीप (फनेल) के आकार का होता है । पलडे को डण्डी मे जोड़ दिया जाता है । डण्डी त्रिभुजाकार चादर से पर्ती लकडी अथवा मोटे प्लास्टिक (जैसे पर्स्पेक्स) से बनाई जाती है ।

डण्डी गावदुम के आकार की होती है—दूरस्थ सिरे पर 2 सेंटीमीटर चौडी और पलड़े के पास 5 सेंटीमीटर चौडी। कीलक (पिवट) मोटे सूजे (या मोटी सूई) का बनाया जा सकता है । कीलक को पलड़े से 2 सेंटीमीटर और ऊपरी किनारे से 2 सेंटीमीटर हट कर ठोकना चाहिए । डण्डी को सन्तुलित करने के लिए डण्डी या पलड़े का कुछ भाग काटा जा सकता है ।

कीलक धातु के रकाब (स्टिरप) में बने छेदों मे आश्रित रहता है । एक बाहरी रकाब भी होती है, जिसके कारण डण्डी अगल-बगल नहीं खिसक सकती । डण्डी के ऊपरी किनारे पर U अक्षर के आकार का एक आरोही (राइडर) रखा जाता है : प्रामाणिक बाटों की सहायता से डण्डी को अंशांकित करके उसमें खांचे (नॉचेज) बना दिए जाते है । पलड़े के समान शंकु के आकार में मोडे गए फिल्टर कागज के उपयोग से चूर्ण किए गए ठोस पदार्थ (या पदार्थों का चूरा) भी तोले जा सकते है ।

7. जेण्डर की तुला

यह चातुर्यपूर्ण तुला, जो प्रयोग दिखाते समय बहुत उपयोगी सिद्ध होती है, कुछ ही मिनटों में पिन, रेजर ब्लेड, कार्क और इस्पात की बनी बुनने की सलाई का उपयोग करके बनाई जा सकती है ।

पहले सलाई को काग में आर-पार घुसा दिया जाता है । घुसाने की दिशा काग के एक सिरे के व्यास-समानान्तर हो, और सलाई काग के केन्द्रीय अक्ष से यथासम्भव दूर रहे ।

प्रत्येक सिरे से अर्धबेलन काट कर निकाल दिया जाता है, जिससे तुला की डण्डी उस आकृति की हो जाती है जैसी दिखाई गई है ।

काग को सहारा देने वाली पिनें अब काग में घुसा दी जाती है, और उन्हें शीशे के टुकडों पर टिका दिया जाता है । ये टुकड़े लकड़ी की पट्टी पर चिपकाए जाते हैं ।

इस तुला की सहायता से कुछ प्रयोग

1. सिलाई के धागे का या पतंग के पतले कागज का छोटा-सा आरोही, जिसकी तौल लगभग 2 मिलीग्राम हो, डण्डी की एक भुजा के बीच में रखने पर वह डण्डी को लगभग 2 सेंटीमीटर झुका देता है।

2. थोड़ी-सी भी गैस का बनना इसमें प्रदर्शित किया जा सकता है। इसके लिए गैस को छोटी-सी चंचु (जेट) द्वारा निकलने देना चाहिए और गैस की धार को डण्डी के सिरे पर पड़ने देना चाहिए।

3. जलती दियासलाई को डण्डी के नीचे लाकर वायु में संनयन (कन्वेक्शन) धारा में दिखाया जा सकता है।

4. तुला की डण्डी विसंवाहित चालक होती है, इसलिए वह विजलीकरण (एलेक्ट्रिफिकेशन) दिखा सकती है? विद्युन्मय दण्ड से इसको छूकर इसे विद्युन्मय किया जा सकता है।

5. यदि सलाई को चुंबकित कर दिया जाए तो वह नमन सूई (डिप नीडल) बन जाएगी।

6. यदि डण्डी को चुंबकित कर दिया जाए और इसके एक सिरे के पास तार की कुण्डली लगाई जाए तो तुला धारा-मापी (गैलवैनोमीटर) का काम देगी। उदाहरणार्थ लोहा और कान्स्टैण्टन के तापान्तर युग्म (थर्मोकपल) को 1.5 मिली-मीटर मोटे तांबे के तार की 22 फेरे की कुण्डली से सम्बद्ध किया जा सकता है। युग्म को मोमबत्ती की ज्वाला से तप्त करने पर केवल लगभग 0.01 वोल्ट का विभव-अन्तर उत्पन्न होता है, तो भी तुला की डण्डी बहने वाली धारा का पता लगा लेती है।

7. प्रक्षेपण। यदि तुलादण्ड में दर्पण की छोटी पट्टी लगा दी जाए और इस दर्पण से परावर्तित (रिफ्लैक्टेड) प्रकाश-किरणावली का उपयोग किया जाए तो तुलादण्ड का छोटे-से-छोटा संचलन भी दिखाया जा सकता है, यहां तक कि यदि पूर्वोक्त तापान्तर युग्म को केवल अंगुलियों से गरम किया जाए तो भी ताप-विद्युत् धाराएं इस सरल उपकरण से दिखाई जा सकती हैं।

8 सब कामों के लिए उपयोगी समभुज तुला

लगभग 2 सेंटीमीटर मोटी और लगभग 22 सेंटीमीटर लम्बी वर्गाकार लकड़ी की पेंदी (बेस) बनाइए। फिर 15 सेंटीमीटर चौड़ी और 2 सेंटीमीटर मोटी लकड़ी में दो खड़े आधार-स्तम्भ बनाइए। इनको पेंदी के केन्द्र के पास इस प्रकार जड़िए कि दोनों के बीच में 2.5 सेंटी-मीटर का अन्तर रहे। इनको या तो पेच से जड़ा जाए या पेंदी में छेद किए जाएं और उन्हीं में इन को कस दिया जाए। प्रत्येक खड़े आधार के ऊपरी किनारे को पतली आरी से इतना गहरा काटना चाहिए कि अगर उसमें रेजर ब्लेड डाला जाए तो उसकी धार लकड़ी से लगभग 4 मिलीमीटर उठी रहे। चीर (स्लाट) में रेज़र ब्लेड कस कर बैठा रहे।

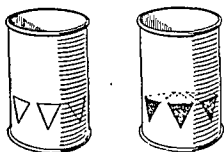
तुलादण्ड मीटर की पटरी या उतनी लम्बी लकड़ी की किसी भी पटरी से बनाया जाता है। पटरी के ठीक सन्तुलन-केन्द्र पर एक बहुत पतली कील आर-पार ठोंक दी जाती है। यह कील दोनों खड़े आधारों के बीच रहती है और रेजर ब्लेडों पर रखी जाती है।

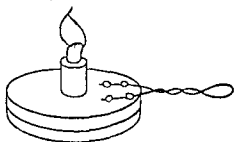
इस तुला से यह दिखाया जा सकता है कि वायु में भार होता है। इसके लिए खेलने के दो समान गुब्बारे लेने चाहिए और साइकिल पम्प से एक में कम और एक में अधिक हवा भरनी चाहिए।

ख. ऊष्मा के प्राप्ति-स्रोत

1. टीन के डिब्बे का ज्वालक

एक बड़ा डिब्बा लीजिए, जिसका व्यास 10 सेंटी-मीटर का हो। पेंदी से लगभग 4 सेंटीमीटर पर डिब्बे के चारों ओर त्रिभुजाकार छेद अंकित करिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। कतरनी से प्रत्येक त्रिभुज की तिरछी भुजाओं पर टीन को काटिए परन्तु त्रिभुज की आधार-रेखा को न काटें। छेद बनाने के लिए इतना पर्याप्त है।

त्रिभुजाकार भागों को भीतर की ओर मोड़ दीजिए। इस प्रकार कोयले के टिकने के लिए मंच बन जाएगा। इसमें लकड़ी का कोयला जलाना चाहिए।

2. मेथिलेटेड स्पिरिट का बर्नर

पुराने बूट पालिश के डिब्बे से सरल बर्नर बन सकता है। तो भी ऊपरी ढक्कन में धातु की एक नली टाके से डाली (जोड़ी) जा सकती है और एक तार मोड कर उससे एक कामचलाऊ हत्था (हैंडल) बन सकता है। लेकिन यह बहुत आवश्यक नहीं है। बत्ती के लिए चीथडो या रद्दी कच्चे सूत का उपयोग किया जा सकता है।

3 रोशनाई की शीशी का स्पिरिट लैम्प

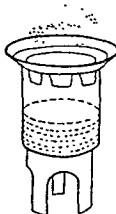
स्याही की ऐसी शीशी लीजिए जिसका ढक्कन धातु का हो और घुमा कर पेच के सहारे शीशी पर कसा जाता हो। कील से ठोंक कर बीच में छेद कर दीजिए। इस छेद में तिकोनी रेती घुसा कर और रेती को घुमा-घुमा कर छेद को इतना बड़ा करिए कि उसका व्यास लगभग 8 से 10 मिलीमीटर का हो जाए। किसी गोल और कड़ी वस्तु से छेद को चिकना कर लीजिए। किसी नरम धातु के बरतन से या धातु की चादर के टुकड़े से एक टुकड़ा काट लीजिए, जो लगभग 2.5 सेंटीमीटर चौड़ा हो और 4 सेंटीमीटर लम्बा हो। इसे उपयुक्त व्यास वाली गोल लकड़ी या गजी छड़ पर लपेट कर एक नली बना लीजिए। नली का व्यास ऐसा हो कि स्याही की शीशी के ढक्कन में बने छेद मे वह कस कर बैठे। ढक्कन के छेद में नली लगा दीजिए। यह लगभग 1 सेंटीमीटर बोतल के भीतर चली जाए। नली और ढक्कन की सन्धि, और नली की सन्धि को भी टाके से जोड़ा जा सकता है। कच्चे सूत, पुराने सूती तौलिए के टुकड़े या सूती धागे के टुकड़ो के गुच्छे से बत्ती बनाई जा सकती है। बत्ती इतनी लम्बी अवश्य रहे कि वह शीशी की पेंदी तक पहुंच जाए और वहां फैल कर उसे ढक ले। इसमें मैथिलेटेड स्पिरिट या वुड अल्कोहल इस्तेमाल कीजिए।

ग. अन्य उपयोगी वस्तुएं

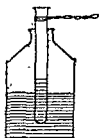
1. एक मामूली त्रिपाद

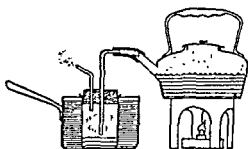
टीन के डिब्बे की बगल को तीन जगहों से काट कर एक उपयोगी त्रिपाद (ट्रिपाड) बनाया जा सकता है। विविध ज्वालकों के लिए स्टैंड के काम के लिए इस प्रकार के दो-तीन त्रिपाद बना रखना सुविधाजनक रहेगा।

2. भाप-उष्मक (स्टीम बाथ)

चाय की तश्तरी और टीन के डिब्बे से वाष्पन-पात्र (एवैपोरेटिंग डिश) और भाप-उष्मक (स्टीम बाथ) का प्रबन्ध हो सकता है। भाप के निकलने के लिए टीन के डिब्बे के ऊपरी

किनारों से छोटे-छोटे टुकड़े काट कर निकाल देने चाहिए।

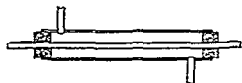
3. तापक (हीटर)

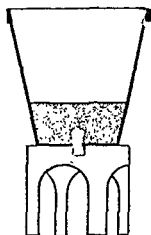
एक दूसरे प्रकार का तापक तेल के पुराने डिब्बे से बनाया जा सकता है। परीक्षण-नलिका (टेस्ट ट्यूब) पर तार लपेट कर और उसके सिरों को मोड़ कर हत्था बना लेने से काम में सुविधा रहती है।

4. आसुत (डिस्टिल्ड) जल

चाय की केतली मे पानी उबालिए और जैम जार (चौड़े मुह की बड़ी बोतल) में भाप को संघटित करिए। जैम जार में बड़ा काग लगा रहे और उसे ठण्डे पानी से भरे किसी बडे बरतन (तसले) में रखा जाए। रबड़ की नली, चिपकाऊ फीता अथवा चिकनी मिट्टी को सन्धि पर लगाने के लिए काम में लाया जा सकता है।

5. वायु-तन्दूर (एअर ओवन)

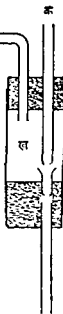
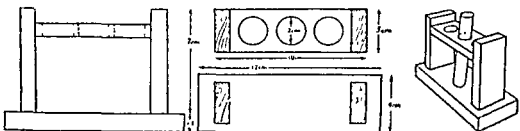
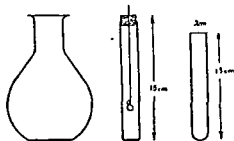
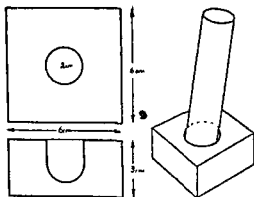
टीन का एक बड़ा डिब्बा वायु-तन्दूर का काम दे सकता है। ढक्कन में एक छेद करिए और उसमे काग लगा कर तापमापी (थर्मामीटर) लगाइए। डिब्बे के भीतर तार की जाली पुलिया रख कर, उस पर चाय की तश्तरी या कटोरी रखी जा सकती है।

6. लीबिग संघनक (लोहे का)

लोहे की एक नलिका लीजिए, जो पानी के लिए या बिजली के तार की रक्षा के लिए, बिजली वाहिनी के रूप मे प्रयुक्त होती है। इस पाइप के एक टुकड़े से धातु का संघनक (कंडेन्सर) बन सकता है, जो शीशे के संघनक मे अधिक मजबूत होता है। पानी के आने और जाने के लिए नलिकाएं इसकी बगल में चूड़ी काट कर कसी जा सकती हैं या टांके से झाली (जोड़ी) जा सकती हैं। प्रत्येक सिरे पर एक छेद वाला काग कस दिया जाता है और छेदों में शीशे की साधारण नली लगा दी जाती है।

7. फिल्टर

कई कामों के लिए पौधों वाला गमला, जिसकी पेंदी के छेद में रूई ठूंस दी जाए और पेंदी पर कुछ इंच मोटी बालू की तह लगा दी जाए, फिल्टर का सन्तोषजनक काम देता है।

8. फिल्टर पम्प

शीशे के साधारण फिल्टर पम्प बनाने में कुछ हस्तकौशल की आवश्यकता पड़ती है, परन्तु शीशे की नली और कागों से सरल फिल्टर पम्प सुगमता से बनाया जा सकता है। पम्प इस सिद्धान्त पर काम करता है कि जब पानी का प्रधार (जेट) संकरी नली में डाला जाता है तो वह अपने साथ हवा को भी खींच ले जाता है और

इसलिए आसपास (ख) की हवा की दाब कम हो जाती है। चचुओं (जेट्स) के लिए सर्वोत्तम नापें केवल परीक्षण और निरीक्षण से जानी जा सकती है, परन्तु साधारणत. अगर पहले चचु का व्यास एक मिलीमीटर और दूसरे का 2 मिलीमीटर हो तो अच्छा रहेगा ।

9. व्यक्तिगत काम के लिए रसायन से सम्बन्धित उपकरण ।

प्रारम्भिक रसायन से सम्बन्धित अधिकाश प्रयोगों के लिए कुछ आधारभूत उपकरणों की आवश्यकता पड़ती है, जैसे बीकर, परीक्षण-नलिकाएं, इत्यादि । नीचे वर्णन किए गए सामान मे वे सभी वस्तुए पाई जाएगी जिनकी आवश्यकता साधारणत. पडती है; गोल गरदन वाले 150 घन सेंटीमीटर के पायरेक्स-फ्लास्को को बीकर, फ्लास्क, या भाप-उत्पादक की तरह प्रयुक्त किया जा सकता है । साधारण शीशे की नली को, उसके ऊपर तार की जाली लपेट कर, दहन-नलिका की तरह काम में लाया जा सकता है । यह साधारण कडे शीशे की नलिका की अपेक्षा कम ही टूटती है ।

नमूना-नली से एक छोटा गैस जार बनाया जा सकता है । परीक्षण-नलिकाओं को रखने के लिए छोटा स्टैंड बना लेने से काम मे सुविधा होती है, पर यह नितान्त आवश्यक नही है । जिन छोटी परीक्षण-नलिकाओं के बारे में यहा बताया गया है, उनमे यह भी गुण होता है कि उनके मुह को बच्चों की छोटी अगुलिया बन्द कर सकती है । बडी नलिकाए, लकडी की पेंदी लगा देने के बाद स्टाक बोतल (अधिक सामग्री रखने की बोतल) के रूप में और कई अन्य प्रयोगो के लिए भी उपयोगी होती है । यदि पानी का नल उपलब्ध न हो तो टीन के बड़े डिब्बे से (जिसमे 500 घन सेंटीमीटर पानी आ सके) टंकी का काम लिया जा सकता है । कठिनाई केवल यह होती है कि निकास-नलिका की सन्धि किस प्रकार जलरोधी बनाई जाए । छोटी कक्षाओं में प्रयोगात्मक रसायन का शिक्षण देने के लिए यह उपकरण बहुत उपयोगी पाया गया है ।

10. बिजली के पुराने बल्बों के उपयोगी आधान (कण्टेनर्स)

बिजली के पुराने बल्बों से ऐसे आधान बन सकते हैं जो फ्लास्क, बीकर, परीक्षण-नलिकाओं तथा इसी प्रकार की अन्य वस्तुओं का काम दे सकें। उचित सावधानी बरतने से ये पर्याप्त ताप सहन कर सकते हैं और बहुत दिन चल सकते हैं। किसी भी नाप का बल्ब काम में लाया जा सकता है। कई विभिन्न नापों के बल्ब हों तो वे अधिक उपयोगी सिद्ध होंगे।

जब किसी बल्ब से काम लेना हो तो उसे सावधानी से पुराने तौलिए या अन्य कपड़े में लपेट लेना बुद्धिमता होगी। पहले चाकू से बल्ब के सिरे पर लगी धातु वाली टिकुली या टिकुलियों (मैटल बटन) को उखाड़िए। उनको इतना मोड़ दीजिए कि उनको गहुआ (प्लायर्स) से पकड़ा जा सके। इन टिकुलियों को गहुआ से खींच कर ऊपर उठाइए। इस प्रकार वे तार दिखाई पड़ने लगेंगे जिनसे टिकुली जुड़ी रहती है। मरोड़ कर टिकुलियों को तार से अलग कर दीजिए। अब काले विसंवाही (इन्सुलेटिंग) पदार्थ में छेद दिखाई पड़ेंगे। एक टिकुली वाले बल्बों में यह छेद केन्द्र में होगा। सावधानी से इस काले पदार्थ को अलग करिए और हटा दीजिए। इसके लिए गहुआ से दबा-दबा कर काले पदार्थ को टुकड़े-टुकड़े कर देना सम्भवत: आवश्यक होगा। जहां तक हो सके, सावधान रहिए कि पीतल का खोल टेढ़ा न हो। इसके बाद बड़ी सावधानी की आवश्यकता है और सम्भवतः पहले दो-चार बल्ब आपसे टूट जाएं। कपड़े में लपेटे हुए बल्ब को मजबूती से पकड़िए। तब झटके से रेती के ऊपरी सिरे से बल्ब के उपर के खुले भाग में छेद कर दीजिए, इससे बल्ब के भीतर तारों को पकड़ने वाली काच की छड़ बल्ब के भीतर गिर पड़ेगी। फिर गोल (चूहे की पूंछ के आकार की) रेती से बल्ब की गरदन के टेढ़े-मेढ़े टूटे शीशे को एक-सा करिए। सावधानी से काम करने पर बल्ब चटकेगा नहीं। आधार-छड़ तथा अन्य वस्तुएं, जो बल्ब के भीतर हों, अब निकाली जा सकती हैं और बल्ब काम में लाया जा सकता है। यदि पीतल का छल्ला जो अब फ्लास्क का मुंह है, टेढ़ा हो गया हो तो उचित व्यास की गोल लकड़ी डाल कर घुमाने से वह ठीक किया जा सकता है। पीतल के इस छल्ले के कारण इसमें काग या रबड़ की डाट भी कस कर बैठाई जा सकती है।

11. मापक गिलास या अंशांकक

कई-एक छोटे-बड़े काच के चौड़े मुंह वाले ऐसे बरतन चुनिए जिनके पार्श्व सीधे हों। जैतून की बोतलें अंशांकित सिलिण्डर बनाने के लिए बहुत उपयोगी होती हैं। (भारत में जैतून, आलिव, की खपत बहुत कम है और ऐसी बोतलें कठिनाई से मिलेंगी)। लगभग 1 सेंटीमीटर चौड़ी कागज़ की पट्टी बोतल की सारी लम्बाई पर चिपका दीजिए, केवल सिर की ओर लगभग 1 सेंटीमीटर स्थान खाली रहे। अब बाजार से खरीदा अंशांकित सिलिण्डर, जिसकी धारिता लगभग उतनी ही हो जितनी आपकी बोतल की है, लीजिए और नाप कर इतना पानी बोतल में डालिए कि वह लगभग नापने वाले कागज़ के सिरे तक पहुंच सके। नापने के लिए लगाए गए कागज पर एक रेखा जल की ऊंचाई दिखाने के लिए खींचिए और उसके नीचे लिखिए कि कितना पानी डाला गया था, जैसे 50 घन सेंटीमीटर या 100 घन सेंटीमीटर। फिर, यदि बोतल सर्वत्र समान व्यास की हो तो पेंदी से लेकर कागज़ पर अंकित चिह्न तक की दूरी को सुविधा के अनुसार इच्छित भागों में बांट दीजिए। इसके लिए कागज पर रेखाएं खींचिए और प्रत्येक रेखा पर जल की मात्रा लिखिए। उदाहरणार्थ, मान लीजिए 50 घन सेंटीमीटर जल डाला गया था। तो आप बोतल की लम्बाई को पांच बराबर भागों में बांट सकते हैं, नीचे से पहली रेखा पर 10 घन सेंटीमीटर लिखा जाएगा, उसके बाद की रेखा पर 20 घन सेंटीमीटर, इत्यादि। अब प्रत्येक बड़े भाग को छोटे भागों में विभाजित किया जा सकता है और कागज़ की

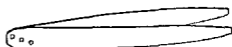
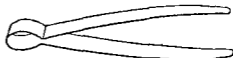
पट्टी पर तदनुसार रेखाएं खींची जा सकती हैं। इस प्रकार बने अंशांकित सिलिण्डर की कई धारण-क्षमताओं पर परीक्षा करनी चाहिए। इसके लिए किसी निश्चित सतह तक पानी डाल कर और पानी को बाजार के या मानक-पात्र में उंडेल कर देखना चाहिए। कागज पर बनी रेखाओं में से कुछ को सम्भवतः थोड़ा-बहुत ऊपर-नीचे करना पड़ेगा। जब जांच पूरी हो जाए तो पिघले मोम (पैराफिन), स्पिरिट मे घुली लाख, लेवल वार्निश या प्लास्टिक सीमेंट की पतली तह चढा कर आप मापक को पक्का बना सकते हैं।

12. परीक्षण-नलिका के लिए ग्राही (होल्डर)

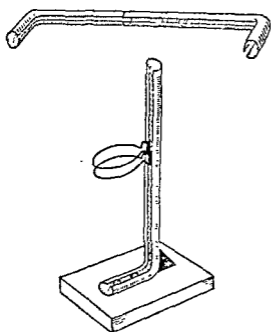
परीक्षण-नलिका के लिए उपयुक्त ग्राही (होल्डर) कमानी के मजबूत तार को मोड कर बनाया जा सकता है। तार पीतल या लोहे का हो और उसे चित्र में दिखाई गई आकृति मे मोड़ा जाए। कोट-हैंगर का तार भी सन्तोषजनक काम करता है।

13. प्रयोगशाला के लिए चिमटी

पेटियों और लकड़ी के झाबों को बाहर भेजने के लिए बहुधा उनको लोहे की पत्ती से बांधा जाता है। इन पत्तियों के लम्बे टुकड़ों से बहुत उपयोगी चिमटियां बनाई जा सकती हैं। चित्र मे दिखाई गई चिमटिया लगभग 12 सेंटीमीटर लम्बी है। यह पत्ती के दो टुकड़ों को पीतल से जोड कर, या रिवेट करके, और फिर उन्हे उचित आकृति का काट कर और मोड़ कर, बनाई जा सकती है। चित्र (ख) में दिखाई गई चिमटी 36 सेंटी-मीटर लम्बी एक ही पत्ती से बनाई गई थी। गोल सिरा बनाने के लिए पत्ती के मध्य भाग को उचित व्यास के लोहे की छड़ पर लपेट कर कसा गया था। तब चिमटी के पार्श्वों को काटा गया था और उनको उचित आकार दिया गया था।

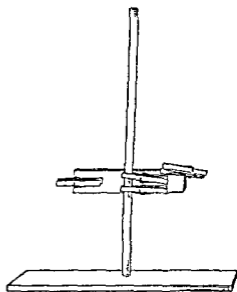
14. धातु का वलय-स्टैंड और वलय

एक उपयोगी वलय-स्टैंड और वलय क्रमश पर्दा टागने की चपटी छड़ी से और उस पुर्जे से बनाया जा सकता है जो लैम्पशेड लटकाने के लिए बिजली के बल्ब पर कसा जाता है। यह सब सामग्री लोहे का सामान बेचने वालों की दुकानों पर साधारणतः मिल सकती है। (भारत में ऐसा सामान मिलना कठिन ही है, परन्तु मोटे तार को मोड कर वलय बनाए जा सकते है और लोहे की चादर को मोड़ कर लोहार पर्दे की छड की आकृति की नली बना सकता है)। पर्दे की छड को मोड़ कर चित्र की आकृति का कर देना चाहिए।

पर्दे की छड़ मे दो टुकडे होते हैं, जिनमे से एक टुकड़ा दूसरे के भीतर घुस सकता है और खिसक सकता है। इस प्रकार दोनों की सम्मिलित लम्बाई कम-अधिक चौड़े पर्दो के अनुसार की जा सकती है।

इस प्रकार की पर्दे की छड़ों के दो भागों में से प्रत्येक को लकड़ी की उचित पेंदी पर कीलों से या पेंचो से कसिए। छड़ और पेंदी के साथ एक तिकोनी लकड़ी को सटा कर जड देना चाहिए। इससे वलय-स्टैंड अधिक मजबूत हो जाएगा। चित्र मे यह लकड़ी भी दिखाई गई है। लैम्पशेड मे निकाले गए तारों को दबा कर सटा देना चाहिए और उनकी भुजाओं (आर्म्स) को पर्दे की छड़ के भीतरी ओर बने खाचे में फिट कर देना चाहिए। यह तार कमानी की तरह फैलना चाहेगा और इस कारण खोखली छड के भीतर फंसा रहेगा और किसी भी ऊंचाई पर टिका रह सकता है। इस प्रकार यह वलय-स्टैंड में ठीक ढंग से काम कर सकेगा।

15. लकड़ी का वलय-स्टैंड

इस वलय-स्टैंड का पेंदा 40 सेंटीमीटर लम्बी, 15 सेंटीमीटर चौडी और 1 सेंटीमीटर मोटी लकडी से बनाया जाता है। पेंदे के बीच 1 सेंटीमीटर व्यास का छेद कर दिया जाता है। आधार-स्तम्भ 1 सेंटीमीटर व्यास की और 45 सेंटीमीटर लम्बी लकडी की गुज्जी (डावेल राड) से बनाया जाता है। (ऐसी लकड़ी विदेशों में ही मिलती है, हम कडी लकडी या बांस से काम ले सकते है)। आधार-स्तम्भ पेंदे के छेद में खूब कस कर बैठाना चाहिए। यदि पूर्वोक्त नाप की गुज्जी न मिल सके तो किसी दूसरे नाप की छड़ लगाई जा सकती है। परन्तु तब पेंदे के छेद को उसी के अनुसार बनाना चाहिए।

16. वलय-स्टैंड के लिए उपकरण-धारक पट्टिका

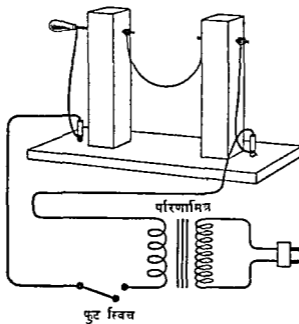
पूर्वोक्त वलय-स्टैंड के लिए एक उपयोगी उपकरण-धारक 18 सेंटीमीटर लम्बी, 4 सेंटीमीटर चौडी तथा 1 सेंटीमीटर मोटी लकड़ी और कपड़ा टागने की कमानीदार चार चुटकियो से बन सकता है। इन चुटकियो को धारक पट्टिका में चित्र में दिखाई गई रीति से जड़ दिया जाता है। ये चुटकियां अपने दोनों फलों मे परीक्षण-नलिका आदि उपकरणों को पकड़ सकती है और धारक पट्टिका के बीच में जड़ी हुई दो चुटकिया वलय-स्टैंड के आधार-स्तम्भ को पकड़ती है। आप देखेंगे कि धारक के दाहिने छोर पर जड़ी चुटकी तिरछी लगाई गई है। इसके लिए पेंदे को पहले किसी समतल स्थान पर रख कर चुटकी को चित्र में दिखाई गई स्थिति में जड़ना चाहिए। इस प्रकार परीक्षण-नलिका तिरछी स्थिति में रखी जा सकती है ताकि उसे ठीक ढंग से गरम किया जा सके।

17. शीशे के जारों और बोतलों को काटने के लिए वैद्युत कल

बोतलों, जगों, फ्लास्कों, बिजली के पुराने बल्बों और कांच की बनी अन्य वस्तुओं से कई प्रकार के उपयोगी उपकरण बनाए जा सकते है। विशेष कार्यों के लिए उन्हें उपयुक्त बनाने में बहुधा इन वस्तुओं के सिरे या पेंदे को काटना पड़ता है। यहा जिस कल के बारे में बताया जा रहा है, उसकी सहायता से कांच की बोतलें आदि बडी सफाई से काटी जा सकेगी। काटने के बाद उनके तीक्ष्ण कोरो को रेत कर या आंच दिखा कर एक-सा कर लेना चाहिए।

20 × 7 × 4.5 सेंटीमीटर के दो आधार स्तम्भों को एक-दूसरे से 15 सेंटीमीटर की दूरी पर उचित पेंदे पर जड़ दीजिए।

आधार-स्तम्भों में से प्रत्येक में, जिस ओर कम नाप हो, उस तरफ इतने बड़े छेद बनाइए कि उनमें 5 मिलीमीटर व्यास की पीतल की छड़ डाली जा सके। ये छेद ऊपरी सिरे से 2 सेंटीमीटर नीचे रहे। एक आधार-स्तम्भ में पीतल या लोहे का काबला (बोल्ट) डाल दिया जाता है। दूसरे स्तम्भ के छेद में अधिक लम्बा काबला डाला जाता है और उसमें मूठ भी लगा दी जाती है। चित्र में आप देखेंगे कि नियामक (रेगुलेटर) के लिए एक सेट स्क्रू (पेच) लगाया गया है।

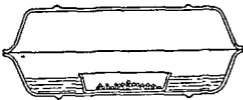
निक्रोम का एक तार या कोई दूसरा तार लीजिए, जिसका वैद्युत प्रतिरोध अधिक हो। इस का विभव उपलब्ध बिजली की 6 वोल्टता के अनुसार रहना चाहिए (220—12 वोल्ट या 110—12 वोल्ट वाले अवक्रम परिणामित्र, ट्रांसफार्मर, से 12 वोल्ट)। प्रतिरोधक तार के सिरों को खड़े स्तम्भों में डाली गई छड़ों से उपयुक्त ढिबरियो द्वारा सम्बद्ध कर दीजिए। विद्युत्-कुंडली चित्र में दिखाई गई है। अवक्रम परिणामित्र कवल प्रत्यावर्ती धाराओ (ए० सी०) पर काम करता है।

M14DPD/62—7

अध्याय—3

पौधों का अध्ययन करने के लिए प्रयोग और सामग्री

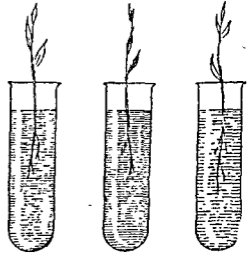
क. जड़ें

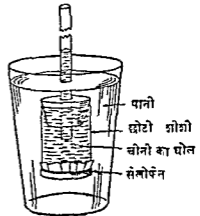
1. मूल-रोम कैसे उगाए जाएं

नम फलालैन पर उगाए सरसों के बीजों की जड़ों पर रोम सुगमता से देखे जा सकते हैं। यदि मिट्टी की तश्तरी में ये बीज रखे जाएं, तश्तरी को थाली में रख दिया जाए, थाली में कुछ पानी डाल दिया जाए और वायु को नमदार रखने के लिए उसे थाल या दूसरी थाली से ढक दिया जाए तो मूल-रोम के बहुत अच्छे नमूने प्राप्त हो सकते हैं। चित्र में थाली के बदले सूप प्लेटस् दिखाई गई है, परन्तु भारतीय घरों में ये कठिनाई से मिलेंगी।

2. मूल-रोमों का निरीक्षण

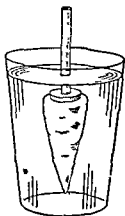
प्रवर्धक लैन्स से मूल-रोमों का अध्ययन कीजिए और देखिए कि उनकी संरचना कैसी है।

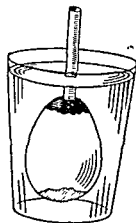
3. यह जांच करना कि मूल-रोम जल तथा उसमें डाले गए पदार्थों को सोखते हैं या नहीं

अलग-अलग परीक्षण-नलिकाओं में (1) जल, (2) लाल स्याही, और (3) कांगो रेड डालिए। एक ही प्रकार के तीन पौधों को इन परीक्षण-नलिकाओं में डालिए। कुछ दिनों के बाद पौधा (2) रंगीन हो जाएगा, (1) और (3) रंग-रहित रहेंगे क्योंकि उन्होंने केवल जल सोखा है।

4. सरल रसाकर्षणमापी (आस्मोमीटर)

2.5 सेंटीमीटर की शीशी से पेंदी निकाल कर अलग कर दें। पेंदी में एक काग कस कर लगा दे, जिसमें एक छेद रहे और 50 सेंटीमीटर लम्बी कांच की नली या लेमनेड पीने वाली दो नलिकाओं को एक में एक जोड़ कर इस छेद में कस दें, एक टुकड़ा सेलोफेन या चर्म-पत्र (पार्चमेंट) (या किसी जानवर की झिल्ली, जैसी खंझड़ी या ढोलक पर लगाई जाती है) शीशी के दूसरे सिरे पर रख कर मज़बूत धागे या पतली डोर से कई फेरे लपेट

कर बांध दीजिए। शीशी में चीनी का खूब गाढ़ा घोल भर दीजिए और एक छेद वाले काग को फिर से लगा दीजिए। इस बात की सावधानी रखिए कि शीशी में कोई बुलबुला न रहने पाए। इस प्रकार बने रसाकर्षणमापी को सन्धर (क्लैम्प) की सहायता से पानी के गिलास में लटका दीजिए और कुछ घंटे तक पड़ा रहने दीजिए।

5. गाजर से बना रसाकर्षणमापी

एक ऐसी गाजर चुनिए जिसका सिर बड़ा हो और जिसकी सतह कहीं से कटी-फटी न हो। किसी तेज़ चाकू अथवा सेब का बीज निकालने वाले यन्त्र से गाजर के सिर पर लगभग 2 या 2 5 सेंटीमीटर गहरा एक छेद कीजिए। यह सावधानी रखिए कि गाजर का सिर फटने न पाए। इस छेद में चीनी का गाढ़ा घोल भर दीजिए। फिर इस छेद में एक छेद वाला काग या रबड़ की डाट कस कर लगा दीजिए। लेमन पीने की नलिकाए एक-दूसरी में डाल कर जोड़िए और कस दीजिए। फिर एक काफी लम्बी शीशे की नली से काम लीजिए। कुछ घंटों तक गाजर को पानी के बरतन में डूबा रहने दीजिए। यदि आपने गाजर के सिर को समतल नहीं काटा है तो काग की सन्धि पर जलती हुई मोमबत्ती से मोम टपका कर उसे बन्द करना सम्भवतः आवश्यक होगा।

6. अण्डे से बना रसाकर्षणमापी

थोड़ा-सा तनु (डाइल्यूट) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अथवा मान्द्र (तेज) सिरका किसी छिछली तश्तरी (जैसे चाय की तश्तरी) में लगभग 1 सेंटीमीटर की ऊंचाई तक हो जाए। अण्डे के बड़े सिरे को अम्ल में इतनी देर तक डुबा रखिए कि उस सिरे का ऊपरी खोल अम्ल से नष्ट हो जाए और झिल्ली दिखाई पड़ने लगे। फिर अण्डे को धो डालिए ताकि अम्ल बह जाए। किसी तेज़ औज़ार से अण्डे के दूसरे सिरे पर खोल में सावधानी से एक छोटा-सा छेद कीजिए। इस छेद में लेमन पीने वाली नलिका या काच की नलिका डाल कर उसके मुह को अण्डे के भीतर तक पहुंचा दीजिए। नलिका के चारों ओर की सन्धि को मुहर करने की लाख या घरेलू सीमेंट से बन्द कर दीजिए। जोड़ पूर्णतया बन्द हो जाए। इस प्रकार बने रसाकर्षणमापी को पानी के गिलास में रख दीजिए और कुछ घंटे तक पड़ा रहने दीजिए।

7. मूलों पर गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव

सोख्ते के कई टुकड़े कीजिए जो लगभ 8 सेंटीमीटर वर्ग के हों। इन्हें कांच के दो वर्गाकार टुकड़ों के बीच रखिए। मूली या सरसों के कुछ बीजों को सोख्ते और कांच के बीच प्रत्येक ओर रखिए और रबड के छल्लों में बांध दीजिए। सोख्ते को पानी से तर कर दीजिए और तब थाली में थोड़ा पानी भर कर उसमें इस उपकरण को खड़ा कर दीजिए। जब बीजों में अंकुर निकल आएं और जड़े लगभग 1.5 सेंटीमीटर लम्बी हो जाएं तो उपकरण को 90° पर (अपने ही धरातल में) घुमा दीजिए और तब उसे बिना हिलाए-डुलाए पर्याप्त समय तक पड़ा रहने दीजिए। फिर उसे

दोबारा घुमाइए और देखिए कि जड़ो पर क्या प्रभाव पड़ता है ।

गुरुत्वाकर्षण का अध्ययन करने की दूसरी रीति यह है कि कुछ बीजो को अंकुरित किया जाए और तब उनमें से उस बीज को चुना जाए जिसका अकुर सीधा हो। बीच में लम्बी पिन या सूई लगा दीजिए और पिन (या सूई) को काग मे एक बोतल या शीशी में कुछ भीगी रूई या सोख्ता पर रख दीजिए । फिर काग और अंकुरित बीज को बोतल में रख दीजिए। बोतल को अन्धेरी *अलमारी में रख दीजिए, और लगभग एक-एक* घंटे बाद इसका निरीक्षण कीजिए ।

8. जड़ों पर जल का प्रभाव

काच की एक तश्तरी या थाली में (मिट्टी भर कर) एक सिरे पर कुछ नन्हें पौधे उगाइए। जब वे लगभग 5 सेंटीमीटर ऊंचे हो जाएं तो उन्हें केवल एक ओर से और निकटतम पौधे से कुछ हटा कर पानी देना आरम्भ कीजिए। पानी *लगभग एक सप्ताह तक प्रति दिन दीजिए।* तब मिट्टी खोद कर फेंक दीजिए और देखिए कि सीचने से जड़ों मे बढ़ने की दिशा पर कोई प्रभाव पड़ा या नही।

9. पौधों के विभिन्न भागों में जड़ें उगाना

कहीं से एक पेटी बालू लीजिए और ऐसी जगह रखिए जहां उस पर सीधी धूप न पड़े। बालू को पानी से अच्छी तरह नम कर दीजिए और उसे बराबर नम रखिए। बालू मे ये वस्तुएं रोपिए :–

(क) विविध बल्ब;

(ख) *बिगोनिया और जिरेनियम के तनो की* कलमें (या मेंहदी, गुलाब, अड़हुल, आदि के तनो की जडे);

(ग) ईख के तने का एक टुकड़ा, इसकी एक गांठ बालू में दबी रहे,

(घ) बांस के तने का एक टुकडा जिसकी एक गाठ बालू में दबी रहे;

(ङ) गाजर, मूली या चुकन्दर, प्रत्येक में जड़ का कुछ भाग लगा रहे;

(च) प्याज;

(छ) *पुतली (आइरिस) का तना;*

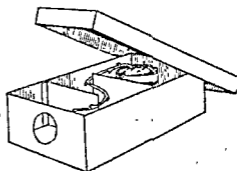
(ज) आलू के टुकडे, प्रत्येक मे कुछ आंखें रहे,

(झ) विलो वृक्ष की एक शाखा ।

ख. तने

1. तनों के बढ़ने पर प्रकाश का प्रभाव

(क) दो गमलों में कुछ शीघ्र बढ़ने वाले बीज, जसे जई (ओट), मूली, सेम या सरसो आदि बोइए। जब नए पौधे लगभग 2.5 सेंटीमीटर ऊंचे हो जाएं तो एक गमले को बक्स से ढक *दीजिए। बक्स के एक बगल के ऊपर के किनारे* के पास एक छेद कर दीजिए। समय-समय पर बक्स को उठाते रहिए और देखिए कि पौधा किस दिशा की ओर बढ रहा है। बक्स को घुमा दीजिए, जिससे प्रकाश किसी दूसरी दिशा से आए और कुछ दिनो के बाद फिर देखिए ।

(ख) किसी लम्बे, तंग बक्स में प्रकाश के मार्ग में रुकावट डालने के लिए चित्र में दिखाई गई रीति से पर्दे लगा दीजिए, और बक्स की दीवार में छेद कर दीजिए। अंकुरित आलू को एक ऐसे छोटे गमले में रोप दीजिए, जिसे बक्स के भीतर रखा जा सके। जो पर्दा छेद से सबसे अधिक दूर हो, उसके पीछे गमले को रख दीजिए। बक्स पर ढक्कन लगा कर और उसे खिड़की में रख दीजिए। छेद प्रकाश की ओर रहे। समय-समय पर देखते रहिए कि पौधा किस दिशा की ओर बढता है ।

(ग) चार गमलों में शीघ्र बढ़ने वाले कुछ बीज बोइए, जैसा कि (क) में बताया गया है। जब तक पौधे 2.5 सेंटीमीटर ऊंचे न हो जाए, गमलों को कमरे में रखिए। इनमें से एक गमले को खिड़की पर, जहां धूप आती हो, रखिए और देखिए कि पौधे पर क्या प्रभाव पड़ता है। गमले को घुमा कर पौधों को प्रकाश की उल्टी दिशा में कर दीजिए और परिणाम देखिए। गमले को कुछ दिनों तक ऐसे स्थान पर रखिए जहा सीधा प्रकाश न पडता हो और देखिए कि क्या परिणाम होता है।

(घ) नए उगे बीजो के तीन बच रहे गमलो में से प्रत्येक को भिन्न-भिन्न बक्सों में रखिए। प्रत्येक बक्स मे एक खिडकी बनाइए और प्रत्येक खिडकी को किसी लाल, पीले और नीले रगो के भिन्न-भिन्न सेलोफेनो से ढक दीजिए। नए उगे बीजों के गमले वाले बक्सो को ऐसे स्थान मे रखिए जहा अच्छा प्रकाश पड़ता हो और बक्सों की खिड़कियां प्रकाश की ओर रहे। विभिन्न रंगों से होकर आने से प्रकाश तनों की वृद्धि मे जो भिन्न-भिन्न प्रभाव डालता है, उसे ध्यान से देखिए।

2 तने द्रवो का परिवहन करते है

(क) सेलेरी* के तने लीजिए। तनो के सिरे से लगभग 2 सेंटीमीटर काट कर फेंक दीजिए और बचे तनों को ठण्डे पानी में दो घटे पडा रहने दीजिए ताकि वे ताजा हो जाएं। फिर कुछ तश्त-रियों में लाल स्याही डाल कर तनों को उनमें रख दीजिए और कई घटे इसी स्थिति मे रहने दीजिए। तनों को अच्छी तरह देखिए। उन्हें काट कर उनके कई छोटे टुकड़े कर दीजिए और देखिए कि तने मे स्याही ऊपर तक कहा, चढ़ी है। तनो में से इन नलियों (ट्यूब्स) को खीच कर निकालने की चेष्टा कीजिए।

(ख) कुछ सफेद कारनेशन (सफेद गुल-मेहदी या हल्के रग के गेंदे) के फूल वृन्त सहित लीजिए। वृन्तों को फूल से लगभग 2 सेंटीमीटर हट कर काटिए। काटने का काम तेज चाकू से और पानी के भीतर किया जाए। इन वृन्तों को पानी के ऐसे गिलासों में रखिए जिनमें या तो खाने की वस्तुए रगने के विविध रंग घुले हों या रंगीन स्याही हो। कई घंटे बाद निरीक्षण करिए।

(ग) सफेद कारनेशन (या हल्के रंग के गेंदे के फूल) के वृन्त को तीन भागों में चीर दीजिए। चीर केवल 8 या 10 सेंटीमीटर ऊपर तक पहुचे और फिर वहां फीता बांध दीजिए कि वृन्त और न फटे। तीनों भागों को फैला दीजिए और प्रत्येक को विभिन्न रंग की स्याही अथवा वस्तुए रंगने के घोल मे डाल दीजिए। कुछ घंटे बाद फूल का निरीक्षण करिए।

(घ) कई प्रकार के वृक्षो के वृन्तो या नई शाखाओ के काटे हुए सिरों को रगीन स्याही मे रख दीजिए और पीछे उन्हें एक तेज चाकू से छोटे-छोटे टुकडों में काट कर देखिए कि स्याही उनमे किस जगह तक चढ़ी है।

(ङ) गमलों मे उद्यान के साधारण पौधो के बीज बोइए। जब नए पौधे 8 या 10 सेंटी-मीटर ऊंचे हो जाएं और अच्छी तरह बढ़ रहे हो तो तने के ऊपरी भाग को तेज़ छुरी से काट कर अलग कर दीजिए। शीघ्र ही जहां काटा गया था वहां जल की बूंदें दिखाई पड़ेंगी।

3 विविध प्रकार के तने

(क) एकदल : बांस, ईख और मक्का आदि कई पौधो के तने प्राप्त कीजिए। एक बहुत तेज़ छुरी से अथवा रेज़र ब्लेड से प्रत्येक तने को आर-पार काट दीजिए। अनुप्रस्थ काटों (क्राम सेक्शन्स) की परस्पर तुलना करके उनकी सम-ताओं को देखिए। विशेष रूप मे यह देखिए कि नलिया या रेशों और सैलों के जालक (फाइब्रोवेस्क्युलर बण्डल) तनों की भीतरी मज्जा (पिथ) में किस प्रकार सर्वत्र बिखरे हैं।

---

* सेलेरी के तनों मे विदेशों में तरकारी बनती है। भारत में गुलमेंहदी या गेंदा के तने से काम लिया जा सकता है—अनुवादक।

(ख) द्विदल : विलो, जिरेनियम, टमाटर आदि कई पौधों या छोटे वृक्षों के तने प्राप्त कीजिए। प्रत्येक तने को आर-पार तेज छुरी या रेज़र ब्लेड से काटिए । आप देखेंगे कि बाहरी परत से ठीक नीचे चटक हरे रंग की एक परत है । यह एधा-परत (कैम्बियम लेयर) है। आप यह भी देखेंगे कि नलियां या रेशों और सैलों के जालक (फाइब्रोवेस्क्युलर बण्डल) तने के मध्यस्थ काष्ठ भाग के चारों ओर एक वृत्त में स्थित हैं ।

ग. पत्तियां

1. पत्तियों की किस्में

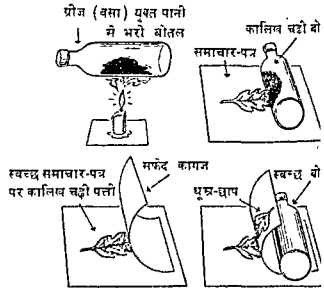
लिली, बांस, ईख, मक्का, विलो और जिरेनियम *(या अड़हुल या पीपल)* जैसे पौधों या वृक्षों की पत्तियां इकट्ठी करिए । आप देखेंगे कि एकदल पौधों (जैसे लिली, बांस, मक्का, ईख) में पत्तियों की शिराएं प्रायः समानान्तर होती हैं । देखिए कि द्विदल पौधों (विलो, जिरेनियम, पीपल, इत्यादि) की पत्तियों की शिराएं शाखा वाली होती हैं ।

2. पत्तियों का संग्रह बनाना

जितने भी तरह के पौधे मिल सकें, सबकी नई पत्तियां एकत्र करिए । एक मजबूत चिकने पटरे पर समाचारपत्र अथवा सोख्ते की कई तहें फैला दीजिए। फिर उस पर पत्तियों को इस प्रकार सजा दीजिए कि वे एक-दूसरे को न छुएं । तब उन पर फिर समाचारपत्र अथवा सोख्ते की कई तहें बिछा दीजिए। ऊपर फिर एक पटरा रख दीजिए और उस पर कई-एक भारी पत्थर या भारी वस्तुएं रख दीजिए। जब तक पत्तियां पूर्णतया सूख न जाएं, तब तक उनको इसी प्रकार दबा रहने दीजिए । अन्त में दाब में से पत्तियां निकाल कर नोटबुक के पृष्ठों पर स्वच्छता से सजाई जा सकती हैं और स्काच टेप अथवा गोंद लगे कागज से वे जोड़ी जा सकती हैं । नोटबुक के पृष्ठ पर पत्ती का नाम और अन्य रोचक सामग्री अंकित की जा सकती है ।

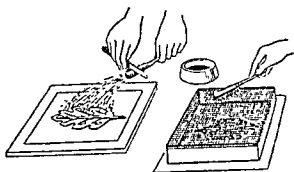
3. पत्तियों की धूम्र-छापें बनाना

पत्तियों की धूम्र-छापें (स्मोक प्रिंट्स) चित्र में दिखाए गए चार क्रमों का अनुसरण करने से सुगमता से बन सकती हैं ।

किसी गोल चिकनी बोतल के पार्श्वों पर वसा (ग्रीज) या वैसलिन की पतली तह चढ़ा दीजिए ।

बोतल में ठण्डा पानी भर दीजिए और उस पर कस कर काग लगा दीजिए । फिर बोतल को मोमबत्ती की जलती लौ पर रखिए और सर्वत्र एक-समान कालिख चढ़ जाने दीजिए । समाचारपत्र पर किसी पत्ती को इस प्रकार रखिए कि उसकी शिराएं ऊपर रहें । कालिख लगी बोतल से पत्ती को बेलिए । फिर पत्ती पर एक ताव सफेद कागज रखिए । तब सफेद कागज और पत्ती को स्वच्छ गोल बोतल या अन्य रोलर से बेलिए ।

4. पत्तियों की छिड़काव-छाप (स्पैटर प्रिंट्स)

पत्ती को सफेद कागज पर रखिए और उसे *पिन, कील या पत्थर के कुछ टुकड़ों से चपटा करिए।* किसी पुराने दांतों के ब्रुश को पोस्टर रंगने के रंग में या हिन्दुस्तानी स्याही में डुबा लीजिए। (ये सब रंग गोंद में घोटे रहते हैं) । ब्रुश को कागज से थोड़ी ऊंचाई पर पकड़े रहिए और उसके बालों पर सावधानी से चाकू का फल फिरा कर उसके रंग को पत्ती के चारों ओर बराबर-बराबर छिड़क दीजिए । आवश्यकता से अधिक रंग या स्याही

इस्तेमाल न करें। जब रंग सूख जाए तो पत्ती को हटा दीजिए।

पत्ती छापने की एक छिड़काव-पेटिका (स्पैटर बाक्स) ऊपर के दाहिनी ओर के चित्र में दिखाई गई रीति से बनाई जा सकती है। एक कम गहरे बक्स या चौखटे के ऊपर खिड़कियों पर लगने वाली जाली का एक टुकड़ा रख दिया जाता है। (इनके बदले छलनी को औंधी रख कर भी अच्छी तरह काम चलाया जा सकता है)। अब दांतों के ब्रुश को रंग में डुबा कर और उसी जाली पर रगड़ कर रंग छिड़का जा सकता है। पत्ती और कागज पेटी के नीचे रखे जाते हैं। विविध रंगों के कागज़ों पर सफेद रंग का इस्तेमाल करके भी देखिए।

5. पत्तियों की स्याही-छापें

छापाखाना से थोड़ी-सी स्याही लीजिए और उसे शीशे की चादर(अर्थात् सपाट शीशे)पर अथवा चीनी मिट्टी की टाइल पर रख दीजिए। फिर रबड़ के बेलन से बेल कर स्याही की एक पतली और सर्वत्र समान तह बना दीजिए। समाचार-पत्र की तहों पर पत्ती को इस प्रकार से रखिए कि उसकी शिराएं ऊपर रहे। फिर पत्ती पर स्याही लगे बेलन को एक बार चला दीजिए। अब पत्ती को सावधानी से उठाइए और उसे सफेद कागज़ पर रखिए। स्याही लगा पृष्ठ कागज़ की ओर रहे। ऊपर से समाचारपत्र की एक परत बिछा कर उसे चिकनी गोल बोतल से बेल दीजिए। अब पत्ती को सावधानी से उठा लीजिए। छाप तैयार है।

6. पत्तियों के तिमिर-चित्र

एक सफेद कागज पर एक पत्ती रखिए और उसे अंगूठे अथवा अंगुली से इस प्रकार दबाए रहिए कि वह हिल न सके। प्राकृतिक या कृत्रिम स्पंज के एक टुकड़े को (या रूई को कपड़े में बांध कर बनाई गई पोटली को) स्याही की गद्दी (इंक पैड) पर दबाइए। फिर धीरे-धीरे, लेकिन मज़बूती से हाथ को बार-बार केन्द्र से बाहर की ओर चला कर, पत्ती के चारों ओर रगड़ कर चित्र में दिखाई गई विधि से उसके किनारों का चित्र बना लीजिए।

7. कार्बन पेपर से पत्ती की छापें

पत्ती की शिराओं वाली बगल पर चर्बी या वैसलिन की बहुत पतली तह चढ़ाइए। अब इसको समाचारपत्र की कई परतों पर रखिए। शिराओं वाली पीठ ऊपर की ओर रहे। ऊपर कार्बन पेपर रख दीजिए (मसालेदार पृष्ठ नीचे की ओर रहे)। कार्बन पेपर पर एक ताव कोई दूसरा कागज़ रख दीजिए और उसके आर-पार कई बार चिकनी पेंसिल बेल कर कागज को रगड़िए ताकि कार्बन पेपर का मसाला पत्ती पर चढ़ जाए। शुद्ध छाप तैयार करने के लिए पत्ती को दो सफेद कागज़ों के बीच रखिए और फिर पेंसिल से रगड़िए।

8. पत्तियों के विन्यास का अध्ययन

जितनी अधिक संख्या में देख सकें, उगते हुए पौधों को ठीक ऊपर से देखिए। पत्तियों के विन्यासों के विविध नमूनों के चित्र खींचिए।

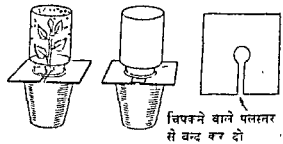
9. कक्षा में पत्तियां उगाना

यदि कक्षा में शकरकन्द को पानी में रख दिया जाए तो उसमें से बहुत सारी पत्तियां उग आएंगी । इसके लिए गिलास या चौड़े मुह की बोतल मे शकरकन्द को रखिए, जड़ वाला सिरा नीचे की ओर रहे । बोतल में इतना पानी डालिए कि कन्द के नीचे का एक-तिहाई भाग पानी से ढका रहे । कन्द को डूबने से बचाने के लिए उसकी बगल में तीन सींकें या दियासलाइयां खोंसी जा सकती हैं और इनको गिलास के मुंह के घेरे (रिम) पर रखा जा सकता है ।

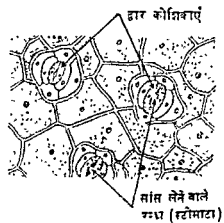
गाजर, शलजम और चुकन्दर के कन्दो में काफी मात्रा में संचित आहार रहता है । यदि उन्हें पानी मे उगाया जाए तो उनसे पत्तिया तो उत्पन्न होंगी, परन्तु नए पौधे तैयार नहीं होंगे । ऊपर से सब पुरानी पत्तियों को हटा दीजिए और नीचे से कन्द को छांट दीजिए ताकि उसका केवल 5 से 8 सेंटीमीटर तक का भाग शेष रहे । इस भाग को छिछली तश्तरी में रख दीजिए और तश्तरी में पानी डाल दीजिए । कन्द को खड़ा रखने के लिए तश्तरी में कंकड़ या पत्थर के टुकड़े रख दीजिए ।

पत्तियों की जड़ से 3 से 5 सेंटीमीटर नीचे हट कर अनन्नास को काट लीजिए और इस भाग को पानी की छिछली तश्तरी मे रख दीजिए । कई सप्ताह तक पत्तियां बढ़ती रहेंगी ।

10. पत्तियों से जल-वाष्प निकलता है

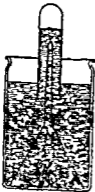
मिट्टी से भरे दो गमले लीजिए, जिनमें से एक में कोई छोटा पौधा हो और दूसरा खाली । गमलों में पानी देने के बाद उनकी मिट्टयों को चित्र में दिखाई गई आकृति की दफ्ती से ढक दीजिए । प्रत्येक गमले पर शीशे का जार (चौड़े मुंह की बोतल) औंधा रख दीजिए, जैसा चित्र में दिखाया गया है । धूप में पौधों को पास-पास रख दीजिए और दिन में समय-समय पर इन्हें देखते रहिए (इस प्रयोग को जाड़े में किया जाए) ।

11. पत्तियों की संरचना

किसी स्कूल, डाक्टर या अस्पताल से एक सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप) मंगनी मांग लीजिए । उससे पत्तियों का पिछला भाग देखिए और उसके सांस लेने वाले रन्ध्रों (स्टोमाटा) का पता लगाइए । स्टोमाटा के अगल-बगल आप दो छोटी-छोटी द्वार-कोशिकाएं देखेंगे ।

रेजर ब्लेड से किसी पत्ती को बहुत पतला अनुप्रस्थ काट (क्रास सेक्शन) में काटिए और उसके किनारे को सूक्ष्मदर्शी से देखिए । लम्ब ऊतक (पैलिसेड) स्तर, बाह्य त्वचा (एपिडर्मिस) और स्पंजी स्तर का पता लगाइए । सम्भवतः आप स्पंजी स्तर में एक शिरा और एक रन्ध्र (स्टोमाटा) का खुला मुख देख सकेंगे ।

12. हरी पत्तियां पौधों के लिए आहार बनाती हैं

किसी चौड़े मुंह की बोतल को खौलते पानी के ऊपर रख कर उसमें थोड़ा-सा अल्कोहल गरम करिए, यहा तक कि वह खौलने लगे। जिरेनियम (या अड़हुल, या सरसों) या किसी अन्य पौधे की कई हरी पत्तियां लीजिए, पर इन्हें पहले कई घंटे तक धूप में रख लीजिए। इन पत्तियों को खौलते अल्कोहल में डाल दीजिए। जब उनका सब क्लोरोफिल निकल जाए तब उन्हें फौरन निकाल कर खूब गरम पानी के बेसिन (तामचीनी के बड़े बरतन) में डाल दीजिए। एक पत्ती को पानी से निकाल कर शीशे की चादर या टाइल पर फैला दीजिए। पत्ती पर टिंक्चर आयोडीन पोत दीजिए और उसे कई मिनट तक यों ही रहने दीजिए। गाढ़े नीले रंग का उत्पन्न होना स्टार्च की पहचान है, जिसे पत्ती ने धूप में बनाया है।

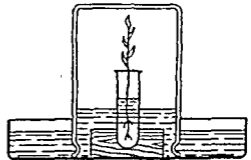
13. हरी पत्तियां धूप में आक्सीजन छोड़ती हैं

जल के भीतर उगने वाले कुछ पौधों (सेवार, आदि) को कीप (फनेल) के नीचे पानी के बीकर में रख दीजिए। कीप की डण्डी के ऊपर पानी से भरी एक परीक्षण-नलिका उलट कर रख दीजिए। इस उपकरण को कड़ी धूप में रख दीजिए। पौधों से गैस के बुलबुले उठेंगे जो परीक्षण-नलिका के ऊपर तक पहुंचेंगे। कुछ देर बाद परीक्षण-नलिका हटाई जा सकती है और उसके भीतर की गैस की परीक्षा सुलगती हुई सींक या दियासलाई से की जा सकती है।

14. पत्ती द्वारा पौधे में हवा घुस सकती है

एक ऐसी पत्ती लीजिए जिसमें वृन्त लगा हो। वृन्त को काग के छेद में डाल कर सन्धि को (गीली मिट्टी, आदि से) बन्द कर दीजिए। इस काग में एक पार्श्व-नली लगाइए और काग को फ्लास्क के मुंह में कस कर लगा दीजिए। फ्लास्क में पानी रहे। पार्श्व-नली मे मुंह लगा कर हवा को चूस लीजिए। तब वृन्त के सिरे से हवा के बुलबुले निकलते दिखाई पड़ेंगे।

15. पौधे सांस लेते हैं

पौधे को किसी परीक्षण-नलिका में रखिए और उस परीक्षण-नलिका को लकड़ी के किसी भारी (ब्लाक) में बनाए गए इष्टिका छेद में फंसा दीजिए ताकि परीक्षण-नलिका लुढ़क न जाए। अब इष्टिका को चूने के पानी के बड़े बरतन में रखिए और पौधे को शीशे के बड़े बरतन से ढक दीजिए। फिर पौधे को इसी प्रकार ढक कर किसी अन्धेरे स्थान मे कई घंटे पड़ा रहने दीजिए अथवा दूसरे दिन देखिए।

चूने का पानी दूधिया हो जाएगा, जिससे पता चलता है कि कार्बन डाइ-आक्साइड गैस

निकली थी और पानी के स्तर के उठने से पता चलता है कि पौधे ने पर्याप्त आक्सीजन ले ली है।

M14DPD/62—8

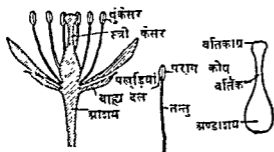
घ. फूल

1. फूलों को एकत्रित करना और सुरक्षित रखना

पत्तियों के सम्बन्ध में जिन रीतियों का वर्णन किया गया है, उन्हीं को अपनाया जाए ।

2. फूल के प्रमुख भागों का अध्ययन

कुछ बड़े तथा सरल फूलों, जैसे ट्यूलिप या लिली (या सुदर्शन, या धतूरा या अगस्त्य) की जांच कीजिए । पुंकेसरों (स्टेमेन्स) को गिनिए और देखिए कि वे केन्द्रीय स्त्रीकेसर (पिस्टिल) के चारों ओर किस प्रकार स्थित हैं । महत्वपूर्ण अंगों के बड़े चित्र खींचिए । चित्र में स्त्रीकेसर के विविध भागों—वर्तिकाग्र (स्टिग्मा), वर्तिका (स्टाइल) और अण्डाशय (ओवरी)—के नाम लिखिए । पुंकेसर के भागों—तन्तु (फिलामेंट) और परागकोश (ऐन्थर)—के भी नाम लिखिए ।

वृन्त का वह सिरा, जिस पर फूल उगता है, आशय (रिसेप्टेकल) कहलाता है । आशय की जड़ पर साधारणतः पत्ती की भांति अंग रहते हैं, जो कली को घेरे रहते हैं । इनको बाह्यदल (सेपल) कहते हैं । बाह्यदलों के ऊपर साधारण चटक रंगों की पंखुड़ियों का एक वृत्त रहता है, जिसे दलपुंज (कोरोला) कहा जाता है ।

3. सादा फूलों को चीरना

पांच कार्ड या कागज के टुकड़ों में से प्रत्येक पर निम्नलिखित शब्दों में से एक शब्द लिखिए: पुंकेसर, स्त्रीकेसर, पंखुड़ियां, बाह्यदल, आशय। एक फूल को सावधानी से चीरिए और उसके विभिन्न भागों को उपयुक्त कार्डों पर अलग-अलग रख दीजिए ।

कुछ फूलों के अंगों को खींच कर ही सुगमता से अलग किया जा सकता है, परन्तु औरों के लिए चाकू या कैंची की आवश्यकता पड़ सकती है । यदि फूल काफी संख्या में मिल सकें तो यह अभ्यास प्रत्येक विद्यार्थी की पृथक् क्रियाशीलता के लिए अत्यन्त मूल्यवान है । इस काम के लिए सादा फूलों को ही, जिनमें पंखुड़ियों की एक ही पंक्ति रहती है, लेना चाहिए ।

एक पुंकेसर को लीजिए और उसके परागकोश (ऐन्थर) को काले कागज पर हल्के-हल्के रगड़िए । तब साधारणतः कागज पर पराग के कण दिखाई देंगे ।

अण्डाशय को तेज़ छुरी से आड़ा काटिए और बीजाण्डों अर्थात् 'बीज-थैलियों' को गिनिए । बीजाण्डों के भीतर बीजों के प्रारम्भिक रूपों को ध्यान से देखिए ।

4. विविध फूलों के पराग-कणों का निरीक्षण

कई फूल लीजिए, जिनमें पुंकेसरों पर पराग बन चुका हो । काले या गाढ़े रंग के कागजों पर प्रत्येक फूल के पराग को अलग-अलग झाड़िए । अलग-अलग प्रकार के पराग का निरीक्षण प्रवर्धक लैन्स से कीजिए और उनकी विभिन्नताओं पर गौर कीजिए ।

5. पराग के कणों को अंकुरित करना

चीनी का गाढ़ा घोल बनाइए और उसे छिछली तश्तरी (जैसे चाय की तश्तरी) में रखिए । विविध प्रकार के फूलों के परागों को झाड़ कर चीनी के घोल की सतह पर डालिए । अब इसे शीशे की चादर से ढक दीजिए और किसी मामूली गरम स्थान में कई घंटे पड़ा रहने दीजिए । यदि

प्रयोग सफल हुआ तो पराग के कणों से छोटी कलियां उगती हुई दिखाई पड़ेंगी। प्रवर्धक लैन्स का उपयोग कीजिए।

6. सादा फूल की प्रतिकृति (माडल) बनाना

मूर्ति बनाने की मिट्टी, रंगीन कागज और सीक का उपयोग करके त्रिविस्तारीय माडल बनाइए (अर्थात् ऐसे नमूने जिनमें लम्बाई, चौड़ाई, ऊंचाई तीनों हो), जो किसी विशेष वर्ग के फूल के विविध अंगों को निरूपित करें। यह अभ्यास विद्यार्थियों के लिए व्यक्तिगत क्रियाशीलता की दृष्टि से अत्यन्त महत्वपूर्ण है और इससे विद्यार्थियों को फूल के विविध अंग अच्छी तरह स्मरण हो जाते हैं।

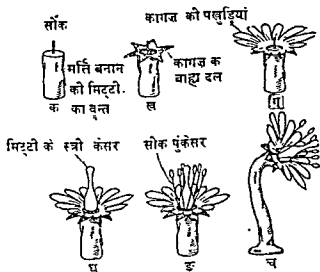
वृन्त बनाने के लिए मूर्ति बनाने की थोड़ी-सी मिट्टी लीजिए। उसे हथेलियों के बीच वेल कर बेलन का रूप दे दीजिए। इसका व्यास लगभग 2 सेंटीमीटर रहे और लम्बाई लगभग 5 सेंटीमीटर। इसके एक सिरे को मेज़ या डेस्क पर मजबूती से दबा दीजिए और दूसरे सिरे के बीच में उचित लम्बाई की सीक घुसा दीजिए, जैसा कि चित्र में क पर दिखाया गया है।

बाह्यदल बनाने के लिए हरे कागज से छः बिन्दुओं का तारा काटिए। बीच में एक छेद बनाइए, जिसका व्यास कम-से-कम 1 सेंटीमीटर हो। तब वृन्त पर बाह्यदलों को उचित स्थिति में रख दीजिए, जैसा ख पर दिखाया गया है।

एक चटकीले रंग के कागज से पंखुड़ियों का दलपुंज काटिए। बीच में काट कर छेद बना दीजिए और बाह्यदल के ऊपर दलपुंज को बैठा दीजिए, जैसा ग पर दिखाया गया है।

मूर्ति बनाने की मिट्टी से स्त्रीकेसर को नन्ही सुराही के आकार का बनाइए। इसको सीक के निकले हुए भाग पर दबा दीजिए जिससे यह अपने स्थान पर टिका रहे, जैसा घ पर दिखाया गया है।

इसके बाद थोड़ी-थोड़ी मिट्टी सीकों के सिरों पर रख कर पुंकेसर बनाइए। अब जैसा ङ पर दिखाया गया है, इन सींकों को स्त्रीकेसर की जड़ के पास की खुली मिट्टी में चारों ओर खोंस दीजिए।

जब फूल की प्रतिकृति तैयार हो जाए तो इसके डण्ठल को अंगुलियों से कुछ लम्बा करने और फल वाले सिरे को कुछ झुका देने से प्रतिकृति अधिक सच्ची दीख सकती है।

7. फूलों के प्रेक्षण के लिए क्षेत्र-भ्रमण

फूलों को खिलता हुआ देखने के लिए क्षेत्र-भ्रमण की योजना बनाइए। यदि पाठशाला के आस-पास रोचक जंगली फूल उगते हुए न मिलें तो किसी निजी उद्यान या पार्क में जाने का आयोजन करना चाहिए। कुछ फूल एकत्र भी करिए।

8. यह देखना कि फूलों से फल किस तरह विकसित होते हैं

फूलों के कुछ ऐसे नमूने इकट्ठे कीजिए जो परिपक्वता की विविध अवस्थाओं में हों अर्थात् नव विकसित कलियों से लेकर उन फूलों तक जिनकी पखुड़ियां झड़ गई हों। प्रत्येक अण्डाशय को काट कर खोलिए और देखिए कि बीज के विकास में क्या-क्या परिवर्तन होते हैं।

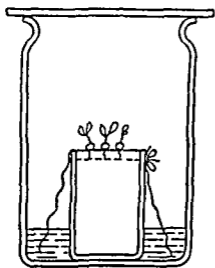
ताज़ा तोड़े हुए सेर भर मटर या सेम की फलियों का निरीक्षण कीजिए और वे फलियां चुन लीजिए जिनमें पूरे दाने नहीं पड़े हैं। इनको

छीलिए और इनकी तुलना पूरी भरी फलियों से कीजिए। अविकसित दाने उन बीजाण्डों के अवशेष हैं जो पराग से निषेचित नहीं पाए हैं।

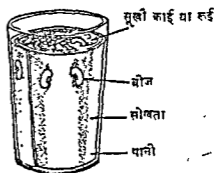
ङ. बीज

1. बीज उगाने का एक उपयोगी तरीका

किसी कम लम्बे गिलास के मुंह पर कपड़े का एक टुकड़ा बांध दीजिए। फालतू कपड़ा बगल में लटकता रहे और कांच के चौड़े मुह के किसी बरतन (जैसे अमृतबान) में 2 सेंटीमीटर ऊंचे पानी मे डूबा रहे। अमृतबान का मुह कांच की चादर से ढक दीजिए ताकि भीतर की वायु नमदार रहे। बीजो को कपड़े पर रखा जाता है।

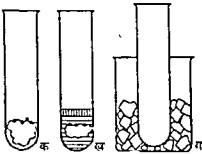
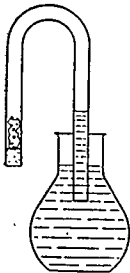
2. 'पुराने कपड़े को लपेट कर बनाया गया' बीज-परीक्षक

किसी महीन कपड़े का एक मीटर का चौकोर टुकड़ा लीजिए और उसे एक ही तरफ में दो बार तह कर दीजिए (*इस प्रकार कुल मिला कर कपड़े की चार तहें हो जाएंगी*)। एक किनारे के पास लगभग पेंसिल से 5×5 सेंटीमीटर के आठ या दस चौकोर खाने बनाइए। इन वर्गों पर गिनती लिख दीजिए और बीज की प्रत्येक पुड़िया में से दस बीज निकाल कर एक-एक वर्ग में रख दीजिए। कपड़े के दूसरे सिरे को मोड़ कर बीजों पर डाल दीजिए। फिर कपड़े को लपेट लीजिए और उसे धागे से हल्के-हल्के बाध दीजिए। इस प्रकार बीज-परीक्षक बना कर उसे पानी से तर कर दीजिए। इसको बराबर नम रखिए और यदि जाड़े की ऋतु हो तो किसी गरम जगह में कई दिनों तक पड़ा रहने दीजिए। तब उसे खोलिए और देखिए कि किस्म के बीजों में से कितने अंकुरित हुए।

3. गिलास-उद्यान

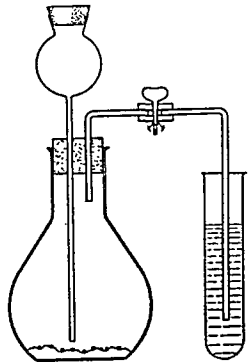
कांच के गिलासों में विविध प्रकार के बीज उगाइए। इन्हें हम *'गिलास-उद्यान'* कहेंगे। प्रत्येक विद्यार्थी को अपना निजी गिलास-उद्यान रखना चाहिए और प्रतिदिन बीज से उगे पौधों के विकास का सचित्र लेखा रखना चाहिए।

गिलास-उद्यान बनाने के लिए सोख्ते को आयताकार काट लीजिए और गिलास के भीतर डाल दीजिए (सोख्ता गिलास के पार्श्वों को छूता रहे)। गिलास के बीच में सूखी काई (पीट मास), रुई, लकड़ी का घूआ, लकड़ी का बुरादा अथवा इसी प्रकार का कोई अन्य पदार्थ भर दीजिए।

कुछ बीजों को सोख्ते और गिलास की बगल में डाल दीजिए। गिलास की पेंदी में थोड़ा पानी हमेशा रहे।

4. बीजों के अंकुरित होने के लिए आवश्यक परिस्थितियों का अध्ययन

नीचे दिए गए चित्र में क में बीज रूई पर रखे गए हैं। यहा उन्हें गरमी और हवा, दोनों, मिलती है, परन्तु पानी नही मिलता। ख मे पानी और गरमी मिलती है परन्तु हवा नही मिलती क्योंकि पानी के ऊपर एक तह खौला कर ठण्डा किया गया तेल डाल दिया गया है। ग मे पानी से तर रूई के कारण नमी है और हवा भी है परन्तु बर्फ जमाने के मिश्रण (फ्रीजिंग मिक्सचर) में परीक्षण नलिका को डूबा रख कर उसे ठण्डा रखा गया है।

5. यह दिखाना कि उगते हुए बीज आक्सीजन लेते हैं

एक नलिका लीजिए और उसके भीतर थोड़ी-सी नम रुई और दो-चार दाने सरसों रख कर उसके एक सिरे को काग से बन्द कर दीजिए। खुले सिरे को कास्टिक सोडा के तनु (डाइल्यूट) घोल मे डुबा दीजिए और कुछ दिनों तक पड़ा रहने दीजिए। घोल नलिका में चढ जाएगा। काग हटा कर जलती हुई लकड़ी से परीक्षण करने पर पता चलेगा कि या तो बहुत कम आक्सीजन बची है या कुछ भी शेष नही रही।

6. बीज की संरचना का अध्ययन करना

सेम, मटर, लौकी (कद्दू), सूर्यमुखी, मक्का, (चना, कमल) और अन्य बड़े आकार के बीजों को पानी में भिगो दीजिए। जब वे नरम हो जाएं तो उनके ऊपरी छिलके हटा दीजिए और सावधानी से काट कर बीज को खोलिए। उन अवयवों का पता लगाइए जिनसे बीज बना है। इन अवयवो के वानस्पतिक नाम सिखाने से कोई विशेष लाभ न होगा—यद्यपि विद्यार्थियो को इसमे दिलचस्पी हो सकती है। अधिक महत्वपूर्ण यह है कि विद्यार्थी बीज के उस भाग को, जो नया पौधा है, और उस भाग को, जो संचित आहार है, पहचानना सीख जाए।

7. उस गैस की जांच जो बीजों के अंकुरित होने में निकलती है

एक फ्लास्क में थोड़ी-सी भीगी रूई लीजिए और उस पर सरसों के कुछ बीज रखिए। उपकरण को ऊपर चित्र मे दिखाई रीति से संयोजित करिए। कुछ दिनों तक बीजों को अंकुरित होने दीजिए। सावधानी से काग को हटाइए और एक गोलाकार कीप (थिसल-फनेल) के द्वारा नीचे पानी छोड़िए। क्लिप को खोल कर हटाई गई वायु को चूने के पानी में से बुलबुला छोड़ते हुए निकलने दीजिए। पानी दूधिया हो जाएगा, जिससे कार्बन डाइ-आक्साइड की उपस्थिति का पता चलता है।

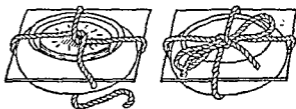
8. यह दिखाना कि बीजों के अंकुर किस दिशा की ओर बढ़ते हैं

लौकी (या कद्दू) के अथवा अन्य बडे बीजों को रात भर पानी में फूलने दीजिए और उनमें से तीन को चित्र में दिखाई गई रीति से सूइयों पर लगा दीजिए। एक बीज की नोक ऊपर की दिशा में रहे, एक की बगल की ओर और तीसरे की नीचे की ओर। उनको नमदार वायु में रखिए। सावधानी से देखिए कि अंकुर किस दिशा में उगते हैं।

च. जीवाणु (बैक्टीरिया)

1. जीवाणु उगाने की तैयारी

कांच की दो या तीन दर्जन गहरी तश्तरिया प्राप्त करिए। किसी भी प्रकार की तश्तरियों से काम चल जाएगा। कांच के चौकोर टुकडे काट लीजिए, जिससे ये तश्तरियां ढकी जा सकें। ये टुकड़े तश्तरियों से कुछ बड़े रहें। ऐसी तश्तरिया जीवाणु-उद्यानों के लिए बहुत उपयोगी होंगी। प्रारम्भिक प्रयोगों के लिए आलू, गाजर या शकरकन्द की फांकें जीवाणु उगाने की 'भूमि' का काम दे सकती है। इन खाद्य पदार्थों से 6 या 8 मिलीमीटर मोटी फाकें काटिए। ये इतनी बड़ी हों कि छोटी तश्तरियों में सुगमता से आ जाए।

जीवाणुओं के लिए उद्यान तैयार करने में यह सावधानी बरतनी चाहिए कि सब वस्तुएं साफ-सुथरी रहें। आलू आदि के टुकड़ों को अच्छी तरह धोइए और तश्तरियों तथा उनके ढक्कनों को धोकर सुखा लीजिए। तश्तरियों और उनके ढक्कनो को साफ सफेद कागज़ पर रखिए। अपने हाथों को पूर्णतया साफ कर लीजिए। जब सब कुछ तैयार हो जाए तो एक साफ सीक से आलू आदि के टुकड़ों को उठा कर तश्तरियों में डाल दीजिए। फिर उन पर ढक्कन लगा कर चित्र में दिखाए गए ढंग से धागे से बांध दीजिए। इन तश्तरियों को किसी बड़ी-सी थाली में रख कर तन्दूर (ओवन) में 110° से 120° सेंटीग्रेड तक ही ताप पर एक घंटे तक गरम करिए। इससे उद्यानों के भीतर के जीवाणु मर जाएगे।

2. जीवाणु-उद्यानों को रोपित करना

जब जीवाणु-उद्यान ठण्डे हो जाएं तब उनको मेज़ पर अलग-अलग रखिए, परन्तु जब तक आप बोने के लिए तैयार न हो जाएं तब तक उनके ढक्कनों को न खोलिए। जीवाणुओं को जीवाणु-उद्यानों में रोपित करने के लिए बांस या लकड़ी की सीक अच्छे औज़ार का काम देती है। 30 या 40 सीकों को किसी ढके डिब्बे में रखिए और तन्दूर में रख कर घंटे भर तक गरम करिए। इससे अधिकांश

जीवाणु मर जाएंगे। किसी सीक को जब निकालना हो तो उसे चिमटी से निकालिए। चिमटी केवल एक ही सीक को छुए।

जहां तक हो सके, अधिक-से-अधिक स्थान से जीवाणु लीजिए, उदाहरणार्थ (1) सड़ता हुआ या सड़ा हुआ फल, (2) सड़ा या खराब दांत, (3) गन्दा सिक्का, (4) नाखूनों के नीचे से खुरचा गया मैल।

सींक से जीवाणु के उत्पादक पदार्थ को स्पर्श कीजिए और तब शीघ्रता से किसी एक जीवाणु-रहित 'उद्यान' का ढक्कन उठाइए। सीक के सिरे को आलू की फांक पर रगड़िए और ढक्कन रख दीजिए। इस बात का ध्यान रहे कि 'उद्यान' में जीवाणुओं को रोपित करते समय ढक्कन को यथासम्भव कम ही उठाया जाए ताकि वायु में विद्यमान जीवाणु और फफूंदियां (माउल्ड्स) उसमें घुसने न पाएं। ढक्कनो को फिर कस कर बांध दीजिए और तश्तरियों को कुछ दिनों तक अन्धेरे में रख छोड़िए। यदि जाड़े के दिन हो तो उनको ऐसे स्थान में रखिए जो साधारणत गरम रहे। जब उनकी जांच की जाएगी तो जीवाणु आलू पर धब्बे के रूप में दिखाई पड़ेंगे। प्रत्येक धब्बे में हजारों जीवाणु रहते हैं।

3. जीवाणु-उद्यानों के लिए एक दूसरी 'भूमि'

थोड़े-से चावल या आलुओं को तश्तरी मे इतनी देर तक उबालिए कि वे अच्छी तरह पक जाएं। मांड छान कर रख लीजिए। इस मांड का इस्तेमाल थोड़ी-सी जिलैटिन या 'अगर' तैयार करने में करिए। जिलैटिन में एक चुटकी नमक और थोड़ा-सा मांस का शोरवा अथवा मांस के सत का पकाया टुकड़ा (बूलान क्यूब) डाल दीजिए। तश्तरी और ढक्कन वैसे ही हों जैसा पिछले प्रयोग में बतलाया गया था। प्रत्येक तश्तरी में जिलैटिन का इतना गरम मिश्रण डालिए कि पेंदी पर 3 या 4 मिलीमीटर की तह पड़ जाए। अब तुरन्त ढक्कन लगा दीजिए और जब तक जिलैटिन जम न जाए तब तक उसे यों ही पड़ा रहने दीजिए। ढक्कनों को बांध दीजिए और तन्दूर में रख कर जीवाणु-रहित करने की क्रिया करिए। तन्दूर से निकालने से पहले तश्तरियों को वहीं ठण्डा होने दीजिए और जिलैटिन को जम जाने दीजिए। इन जीवाणु-उद्यानों मे जीवाणु उसी प्रकार रोपित किए जाते हैं जिस प्रकार पहले बताए गए उद्यानों मे।

4. अन्तरण सूई बनाना

जीवाणु सम्बन्धी प्रयोग करते समय एक ऐसी अन्तरण सूई (ट्रांस्फर नीडल) उपयोगी सिद्ध हो सकती है जिसको ज्वाला में तप्त करके जीवाणु-रहित किया जा सके। मूठ बनाने के लिए पेंसिल के बराबर की कोई नरम लकड़ी लीजिए। सूई की नोक को लकड़ी में काफी दूरी तक पहुचा दीजिए और सूई के आंख वाले सिरे को जीवाणु-उद्गमों को टटोलने के लिए काम में लाइए।

5. यह देखना कि जीवाणु नमदार स्थानों में अधिक अच्छी तरह पनपते हैं या शुष्क स्थानों में

दो जीवाणु-रहित तश्तरियां लीजिए। किसी तीसरी तश्तरी में उगते हुए जीवाणु समूह से अन्तरण सूई का स्पर्श करा कर पूर्वोक्त तश्तरियों में जीवाणुओ का अन्तरण कर दीजिए। सूई पर लगे पदार्थ को प्रत्येक तश्तरी की जिलैटिन पर अच्छी तरह लगाना चाहिए। ढक्कन तुरन्त बन्द कीजिए। एक पर 'शुष्क' और दूसरी पर 'नमदार' का लेबल लगा दीजिए। पहली तश्तरी को विकिरक (रेडिएटर) पर रख कर सुखा लीजिए परन्तु उसे बराबर किसी बक्स से ढका रखिए। (भारत में मकान गरम करने के लिए विकिरक, रेडिएटर, का प्रचलन नहीं है, आग बुझाने के बाद गरम चूल्हे से या राख से ढके कण्डे की मन्द आंच से काम चलाया जा सकता है)। तश्तरी इतनी गरम न होने पाए कि उसे छूना कठिन हो जाए। 'नमदार' लेबल वाली तश्तरी को किसी अन्धेरी साधारण गरम कोठरी में रखिए, जाड़ा हो तो रसोईघर में और जब

आग बुझ जाए तो चूल्हे के पास । परन्तु जगह ऐसी हो कि तश्तरी सूखने न पाए। कई दिनों तक दोनों तश्तरियों की जांच करते रहिए ।

6. यह देखना कि जीवाणु गरम स्थान में अधिक पनपते हैं या ठण्डे स्थानों में

दो जीवाणु-रहित तश्तरियो में फिर से जीवाणुओं को अन्तरित करिए । एक पर 'गरम' का लेवल लगाइए, दूसरी पर 'ठण्डे' का । पहली तश्तरी को किसी गरम अन्धेरे स्थान में रखिए। गरमी इतनी हो जितनी भारत में अधिकांश स्थानों में गरमी या बरसात मे पड़ती है, जाड़े के दिनों में कमरे को अंगीठी से गरम रखिए। दूसरी तश्तरी को किसी ठण्डे अन्धेरे स्थान में रखिए। गरमी के दिन हों तो पेटी के एक कोने मे प्रति दिन बर्फ का ढोका रख दिया करें। कई दिनों तक इन तश्तरियों का प्रति दिन निरीक्षण करिए।

7. यह देखना कि जीवाणु अन्धेरे में अधिक अच्छी तरह पनपते हैं अथवा प्रकाश में

पहले की तरह दो जीवाणु-रहित तश्तरियों में जीवाणु अन्तरित करिए । एक पर 'अन्धकार' का लेवल लगाइए, दूसरी पर 'प्रकाश' का। पहली तश्तरी को किसी अन्धेरे गरम स्थान मे रखिए और दूसरी को तेज धूप में अथवा किसी ऐसी जगह जहां बिजली का तेज बल्ब सारे समय तश्तरी पर तीव्र प्रकाश डालता रहे । कई दिनों तक दोनो तश्तरियों का निरीक्षण प्रति दिन करते रहिए।

8. जीवाणु कहां मिल सकते हैं ?

जीवाणु-रहित की गई जीवाणु उगाने वाली तश्तरियों का सम्पर्क निम्नलिखित में से यथा-सम्भव अधिक-से-अधिक वस्तुओं से स्थापित करिए । तश्तरियों पर लेबल लगा दीजिए। उनको साधारण गरम अन्धेरी जगह मे कुछ दिनो तक रहने दीजिए, और तब उनका निरीक्षण करिए।

1. स्वच्छ हाथ और गन्दे हाथ
2. झाड़न, जिससे तश्तरियां आदि पोंछी जाती हों
3. कूड़े की बाल्टी
4. खखार (कफ)
5. छींक
6. जूते के तले
7. खाना खाने की स्वच्छ थाली या तश्तरी
8. मक्खी
9. झींगुर
10. कुत्ते के रोएं
11. पाठशाला की किसी कोठरी की हवा
12. दूध, जो खट्टा हो गया हो
13. पेंसिल की नोक
14. किसी गन्दी गली की हवा
15. रुका हुआ पानी, जैसे पोखर का जल
16. कम्बल, पायदान, दरी या गलीचा।

9. क्या धूप में जीवाणु मर जाते हैं ?

किसी तश्तरी से, जिसमें जीवाणु उग रहे हों, जीवाणु लेकर उन्हें दो जीवाणु-रहित तश्तरियों में अन्तरित करिए । एक तश्तरी को खुली धूप में रखिए और दूसरी को साधारण गरम अन्धेरे में । जब पहली तश्तरी कई घंटों तक धूप में रह चुके तो उसे दूसरी तश्तरी के साथ पूर्वोक्त अन्धेरे स्थान में रख दीजिए। प्रत्येक तश्तरी का निरीक्षण कई दिनों तक प्रति दिन करिए।

10. क्या जीवाणुनाशक (डिसिन्फेक्टेन्ट्स) जीवाणुओं का नाश करते हैं ?

बाजार में बिकने वाले तथा कई तरह के घरेलू जीवाणुनाशक पदार्थ प्राप्त करिए (अगर पानी में नीम की पत्तियां उबाली जाएं तो वह पानी भी घरेलू जीवाणुनाशक का काम दे सकता है) । जितने प्रकार के जीवाणुनाशक आप प्राप्त कर सकें, उतनी ही पोषण तश्तरियों में जीवाणुओं का अन्तरण कर दीजिए और

एक तश्तरी और ले लीजिए जो तुलनक का काम दे सके। प्रत्येक अन्तरित तश्तरी की 'भूमि' को एक विभिन्न जीवाणुनाशक से धो डालिए । फालतू जीवाणुनाशक को उंडेल दीजिए। प्रत्येक तश्तरी मे लेबल लगा दीजिए। सब तश्तरियों को ढक दीजिए और तुलनक तश्तरी समेत सबको किसी साधारण गरम अन्धेरे स्थान में रख दीजिए और कुछ दिनों के बाद उनकी जांच करिए।

11. यह देखना कि मिट्टी के जीवाणु कहां रहते हैं

क्लोवर, ऐल्फेल्फा या सोयाबीन (या मटर, बोड़ा, सेम, चना या सनई) के पौधे को खोद कर उठा लीजिए। जड़ में लगी मिट्टी को सावधानी से धो डालिए और देखिए कि जड़ों में कई नन्हीं छोटी ग्रन्थिया (नोड्यूल्स) दिखाई पड़ रही हैं या नहीं। यहीं वे नाइट्रोजन विनिवेशी जीवाणु पाए जाते है जो भूमि को उपजाऊ बनाने मे बहुत महत्वपूर्ण होते हैं।

छ. फफूंदियां

1. विविध प्रकार की फफूंदियां प्राप्त करना

(क) एक ऐसी नारंगी लीजिए जिस पर हरी फफूंदी लग गई हो और उसे कांच के अमृतबान (बरतन) में डाल कर अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रखिए।

(ख) एक टुकड़ा पाव रोटी (डबल रोटी) या साधारण रोटी को पानी में नम करके किसी बरतन में रख दीजिए और उसमें हवा लगने दीजिए। कुछ दिनों तक उसे अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रहने दीजिए।

(ग) एक टुकड़ा नीला या रोकफ़ोर्ट पनीर प्राप्त करिए, जिसमें ज़रा फफूंदी लगी हो (या कई दिनों तक रखी मलाई या दही लें, जिसमें फफूंदी लग गई हो)। अमृतवान में डाल कर उसे एक अन्धेरे और साधारण गरम स्थान में रखिए।

(घ) रुके हुए पानी में कुछ मरी मक्खियां डाल दीजिए । कुछ दिनों में उनके चारो ओर प्रायः सफेद फफूंदी उग आएगी।

2. फफूंदी के पौधे किस प्रकार उगाए जाएं

जिन तश्तरियों का उल्लेख जीवाणु सम्बन्धी प्रयोगों में किया गया था, वैसी ही जीवाणु-रहित तश्तरियां लीजिए और उनमें आलू के कतरे अथवा जिलैटिन रखिए। ऊपर के प्रयोग 1 में बताए गए प्रत्येक जीवाणु उत्पादक से फफूंदी लेकर एक जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में डाल दीजिए। चारों तश्तरियों को किसी अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रख छोड़िए। कुछ दिनों में चारों किस्मों की फफूंदियों की विशुद्ध उपजें आप पा सकते हैं।

3. फफूंदियों की संरचना

जब फफूंदियों की चारों विशुद्ध उपजें खूब बढ़ जाएं तो प्रवर्धक लैंस द्वारा प्रत्येक का निरीक्षण करिए । यह देखिए कि वे तन्तु दिखाई पड़ रहे हैं या नहीं जिनके कारण कुछ फफूंदिया मकड़ी के जाले की तरह दिखाई पड़ती हैं। यह भी देखिए कि उनमें नन्हीं काली घुण्डियों वाले छोटे-छोटे डण्ठल हैं या नहीं। ये ही बीजाणु-पुट कहलाते हैं। प्रत्येक बीजाणु-पुट में हज़ारों बीजाणु जन्म लेते हैं। इनके परिपक्व होने पर पुट फट जाता है। यदि परिस्थितियां अनुकूल हों तो प्रत्येक बीजाणु से फफूंदी का एक नवीन पौधा विकसित हो सकता है।

4. क्या फफूंदियों की वृद्धि के लिए पानी की आवश्यकता होती है ?

जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में एक चम्मच सूखा अनाज, जैसे चावल या आटा रखिए। उतनी ही मात्रा में वही अनाज दूसरी जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में भी रखिए परन्तु उस अनाज को पहले पका लीजिए। प्रत्येक में अन्तरण सूई द्वारा जीवाणु अन्तरित कीजिए। तश्तरियों को ढक दीजिए और उनमें लेबल लगा दीजिए। किसी अन्धेरे साधारण गरम स्थान में तश्तरियों को रख दीजिए और कुछ दिनों के बाद प्रत्येक को देखिए।

आग बुझ जाए तो चूल्हे के पास । परन्तु जगह ऐसी हो कि तश्तरी सूखने न पाए। कई दिनों तक दोनों तश्तरियों की जांच करते रहिए ।

6. यह देखना कि जीवाणु गरम स्थान में अधिक पनपते हैं या ठण्डे स्थानों में

दो जीवाणु-रहित तश्तरियों में फिर से जीवाणुओं को अन्तरित करिए । एक पर 'गरम' का लेबल लगाइए, दूसरी पर 'ठण्डे' का। पहली तश्तरी को किसी गरम अन्धेरे स्थान में रखिए। गरमी इतनी हो जितनी भारत में अधिकांश स्थानों में गरमी या बरसात में पड़ती है, जाड़े के दिनों में कमरे को अगीठी से गरम रखिए। दूसरी तश्तरी को किसी ठण्डे अन्धेरे स्थान में रखिए। गरमी के दिन हों तो पेटी के एक कोने में प्रति दिन बर्फ का ढोका रख दिया करें। कई दिनों तक इन तश्तरियों का प्रति दिन निरीक्षण करिए।

7. यह देखना कि जीवाणु अन्धेरे में अधिक अच्छी तरह पनपते हैं अथवा प्रकाश में

पहले की तरह दो जीवाणु-रहित तश्तरियों में जीवाणु अन्तरित करिए । एक पर 'अन्धकार' का लेबल लगाइए, दूसरी पर 'प्रकाश' का । पहली तश्तरी को किसी अन्धेरे गरम स्थान में रखिए और दूसरी को तेज धूप में अथवा किसी ऐसी जगह जहा बिजली का तेज बल्ब सारे समय तश्तरी पर तीव्र प्रकाश डालता रहे । कई दिनों तक दोनों तश्तरियों का निरीक्षण प्रति दिन करते रहिए।

8. जीवाणु कहां मिल सकते हैं ?

जीवाणु-रहित की गई जीवाणु उगाने वाली तश्तरियों का सम्पर्क निम्नलिखित में से यथा-सम्भव अधिक-से-अधिक वस्तुओं से स्थापित करिए । तश्तरियों पर लेबल लगा दीजिए। उनको साधारण गरम अन्धेरी जगह में कुछ दिनों तक रहने दीजिए, और तब उनका निरीक्षण करिए।

1. स्वच्छ हाथ और गन्दे हाथ
2. झाड़न, जिससे तश्तरियां आदि पोंछी जाती हों
3. कूड़े की बाल्टी
4. खखार (कफ)
5. छींक
6. जूते के तले
7. खाना खाने की स्वच्छ थाली या तश्तरी
8. मक्खी
9. झींगुर
10. कुत्ते के रोएं
11. पाठशाला की किसी कोठरी की हवा
12. दूध, जो खट्टा हो गया हो
13. पेंसिल की नोक
14. किसी गन्दी गली की हवा
15. रुका हुआ पानी, जैसे पोखर का जल
16. कम्बल, पायदान, दरी या गलीचा।

9. क्या धूप में जीवाणु मर जाते हैं ?

किसी तश्तरी से, जिसमें जीवाणु उग रहे हों, जीवाणु लेकर उन्हें दो जीवाणु-रहित तश्तरियों में अन्तरित करिए । एक तश्तरी को खुली धूप में रखिए और दूसरी को साधारण गरम अन्धेरे में। जब पहली तश्तरी कई घंटों तक धूप में रह चुके तो उसे दूसरी तश्तरी के साथ पूर्वोक्त अन्धेरे स्थान में रख दीजिए। प्रत्येक तश्तरी का निरीक्षण कई दिनों तक प्रति दिन करिए।

10. क्या जीवाणुनाशक (डिसिन्फेक्टेन्ट्स) जीवाणुओं का नाश करते हैं ?

बाजार में बिकने वाले तथा कई तरह के घरेलू जीवाणुनाशक पदार्थ प्राप्त करिए (अगर पानी में नीम की पत्तियां उबाली जाएं तो वह पानी भी घरेलू जीवाणुनाशक का काम दे सकता है) । जितने प्रकार के जीवाणुनाशक आप प्राप्त कर सकें, उतनी ही पोषण तश्तरियों में जीवाणुओं का अन्तरण कर दीजिए और

एक तश्तरी और ले लीजिए जो तुलनक का काम दे सके। प्रत्येक अन्तरित तश्तरी की 'भूमि' को एक विभिन्न जीवाणुनाशक से धो डालिए। फालतू जीवाणुनाशक को उंडेल दीजिए। प्रत्येक तश्तरी में लेवल लगा दीजिए। सब तश्तरियों को ढक दीजिए और तुलनक तश्तरी समेत सबको किसी साधारण गरम अन्धेरे स्थान में रख दीजिए और कुछ दिनों के बाद उनकी जांच करिए।

11. यह देखना कि मिट्टी के जीवाणु कहां रहते हैं

क्लोवर, ऐल्फेल्फा या सोयाबीन (या मटर, बोड़ा, सेम, चना या सनई) के पौधे को खोद कर उठा लीजिए। जड़ में लगी मिट्टी को सावधानी से धो डालिए और देखिए कि जड़ों में कई नन्ही छोटी ग्रन्थियां (नोड्यूल्स) दिखाई पड़ रही हैं या नहीं। यहीं वे नाइट्रोजन विनिवेशी जीवाणु पाए जाते हैं जो भूमि को उपजाऊ बनाने में बहुत महत्वपूर्ण होते हैं।

छ. फफूंदियां

1. विविध प्रकार की फफूंदियां प्राप्त करना

(क) एक ऐसी नारंगी लीजिए जिस पर हरी फफूंदी लग गई हो और उसे कांच के अमृतबान (बरतन) में डाल कर अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रखिए।

(ख) एक टुकड़ा पाव रोटी (डबल रोटी) या साधारण रोटी को पानी में नम करके किसी बरतन में रख दीजिए और उसमें हवा लगने दीजिए। कुछ दिनों तक उसे अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रहने दीजिए।

(ग) एक टुकड़ा नीला या रोकफोर्ट पनीर प्राप्त करिए, जिसमें जरा फफूंदी लगी हो (या कई दिनों तक रखी मलाई या दही लें, जिसमें फफूंदी लग गई हो)। अमृतबान में डाल कर उसे एक अन्धेरे और साधारण गरम स्थान में रखिए।

(घ) रुके हुए पानी में कुछ मरी मक्खियां डाल दीजिए। कुछ दिनों में उनके चारों ओर प्रायः सफेद फफूंदी उग आएगी।

2. फफूंदी के पौधे किस प्रकार उगाए जाएं

जिन तश्तरियों का उल्लेख जीवाणु सम्बन्धी प्रयोगों मे किया गया था, वैसी ही जीवाणु-रहित तश्तरिया लीजिए और उनमें आलू के कतरे अथवा जिलैटिन रखिए। ऊपर के प्रयोग 1 में बताए गए प्रत्येक जीवाणु उत्पादक से फफूंदी लेकर एक जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में डाल दीजिए। चारों तश्तरियों को किसी अन्धेरे साधारण गरम स्थान में रख छोड़िए। कुछ दिनों में चारों किस्मों की फफूंदियो की विशुद्ध उपजें आप पा सकते हैं।

3. फफूंदियों की संरचना

जब फफूंदियों की चारों विशुद्ध उपजें खूब बढ़ जाएं तो प्रवर्धक लैन्स द्वारा प्रत्येक का निरीक्षण करिए। यह देखिए कि वे तन्तु दिखाई पड़ रहे हैं या नहीं जिनके कारण कुछ फफूंदियां मकड़ी के जाले की तरह दिखाई पड़ती है। यह भी देखिए कि उनमें नन्हीं काली घुण्डियों वाले छोटे-छोटे डण्ठल हैं या नहीं। ये ही बीजाणु-पुट कहलाते हैं। प्रत्येक बीजाणु-पुट में हज़ारों बीजाणु जन्म लेते हैं। इनके परिपक्व होने पर पुट फट जाता है। यदि परिस्थितियां अनुकूल हों तो प्रत्येक बीजाणु से फफूंदी का एक नवीन पौधा विकसित हो सकता है।

4. क्या फफूंदियों की वृद्धि के लिए पानी की आवश्यकता होती है ?

जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में एक चम्मच सूखा अनाज, जैसे चावल या आटा रखिए। उतनी ही मात्रा में वही अनाज दूसरी जीवाणु-रहित पोषण तश्तरी में भी रखिए परन्तु उस अनाज को पहले पका लीजिए। प्रत्येक में अन्तरण सूई द्वारा जीवाणु अन्तरित कीजिए। तश्तरियों को ढक दीजिए और उनमें लेबल लगा दीजिए। किसी अन्धेरे साधारण गरम स्थान में तश्तरियों को रख दीजिए और कुछ दिनों के बाद प्रत्येक को देखिए।

5. गरम स्थान में फफूंदियां अधिक अच्छी तरह उगती हैं अथवा ठण्डे में ?

प्रयोग 4 को फिर से करिए, परन्तु इस बार एक तश्तरी को साधारण गरम अन्धेरे स्थान में रखिए (गरमी का दिन हो तो किसी पेटी में रखिए और पेटी मे प्रति दिन काफी बर्फ डाल कर उसे ठण्डा कीजिए)। कुछ दिनों बाद तश्तरियों का निरीक्षण करिए।

6. अन्धेरे में फफूंदियां अधिक अच्छी तरह उगती है अथवा प्रकाश में

ऊपर के प्रयोग 4 को दोहराइए परन्तु इस बार एक तश्तरी को साधारण गरम स्थान में रखिए, जहां उस पर बराबर प्रकाश पड़ता रहे। दूसरी तश्तरी को किसी साधारण गरम अन्धेरे स्थान में रखिए। कुछ दिनां बाद तश्तरियों का निरीक्षण कीजिए।

ज. खमीर

1. सने आटे पर खमीर का प्रभाव दिखाना

थोड़ी-सी चीनी, पानी और मैदे को इस अनुपात में मिलाइए कि उससे बढ़िया पाव रोटी बन सके (उदाहरणार्थ मैदा 100 भाग, चीनी 7 भाग और पानी इतना कि उंडेल सकने लायक गाढ़ा मिश्रण बन जाए)। इस गुण्डिका (डफ) को दो बराबर भागों में बांटिए। थोड़े-से पानी में खमीर की आधी टिकिया मिलाइए और उसे गुण्डिका के एक नमूने में मिला दीजिए। गुण्डिका के दोनों नमूनों को तश्तरियों में रख कर उनमें लेबल लगाइए और साधारण गरम स्थान मे रख छोड़िए। कुछ घटे बाद निरीक्षण करिए (खमीर की टिकिया मिलने में सम्भवतः कठिनाई होगी, परन्तु हलवाई से जलेबी के लिए खमीर उठाया मैदा लेकर भी काम चलाया जा सकता है। आधी टिकिया खमीर के बदले 2 चम्मच खमीर उठे जलेबी के आटे का इस्तेमाल किया जा सकता है)।

2. खमीर की क्रियाशीलता पर ताप के प्रभाव की परीक्षा

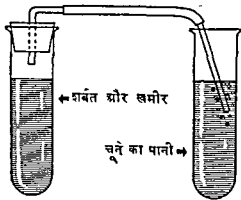
ऊपर प्रयोग 1 में बताई गई रीति से थोड़ी-सी गुण्डिका बनाइए। एक टिकिया खमीर को पानी में मिलाइए और तब उसको गुण्डिका में खूब अच्छी तरह मिला दीजिए। इस गुण्डिका के तीन भाग करिए और उन्हें कटोरियों या अमृतबान में रख दीजिए। इन पर 1, 2, 3 के लेबल लगा दीजिए। जिस कटोरी पर 'संख्या-1' का लेबल लगा हो उसे प्रशीतक (रेफ्रिजेरेटर) में रख दीजिए। प्रशीतक न हो तो कटोरी को लकड़ी की पेटी में बर्फ पर रखिए, बर्फ इतनी रहे कि कम-से-कम चार घंटे तक चले। कटोरी संख्या-2 को साधारण गरम स्थान में रखिए और कटोरी संख्या-3 को खूब गरम स्थान में। कुछ घंटे बाद प्रत्येक कटोरी की गुण्डिका की जांच करिए।

3. यह दिखाना कि खमीर चीनी पर प्रभाव डालता है

किसी बरतन में थोड़ा शरबत बनाइए। इसके लिए चाहे चीनी का प्रयोग करिए, चाहे खांड का अथवा शहद का। शरबत को परीक्षण-नलिका में उंडेल कर उसमें खमीर की चौथाई टिकिया पीस कर डाल दीजिए। उतना ही खमीर पीस कर एक दूसरी परीक्षण-नलिका में डालिए। इस परीक्षण-नलिका में उतना ही पानी रहे जितना पहली परीक्षण-नलिका में शरबत है। दोनों नलिकाओं को साधारण गरम स्थान में रखिए। समय-समय पर परीक्षण-नलिकाओं को ध्यान से देखते रहिए और पता लगाइए कि उनमें क्या अन्तर आया ?

4. चीनी पर खमीर की क्रिया से निकली गैस का अध्ययन

एक परीक्षण-नलिका में थोड़ा-सा साफ चूने का पानी रखिए और किसी विद्यार्थी से कहिए कि वह उसमें लेमन पीने की नलिका से सांस छोड़े। नलिका का दूसरा सिरा चूने के पानी में डूबा रहे। शीघ्र ही चूने का पानी दूधिया हो जाएगा। यह कार्बन डाइ-आक्साइड गैस की पहचान है। अब एक परीक्षण-नलिका में थोड़ा-सा शरबत डाल कर उसमें खमीर

मिलाइए। इस परीक्षण-नलिका में एक-एक छेद वाला काग लगाइए और छेद में कांच की नलिका। इस नलिका में रबड़ की नली (ट्यूब) जोड़िए और उसके दूसरे सिरे पर लगभग 15 सेंटीमीटर लम्बी कांच की एक दूसरी नलिका। एक दूसरी परीक्षण-नलिका में चूने का साफ पानी लेकर इस लम्बी नलिका को उसमें डुबो दीजिए। अब दोनों परीक्षण-नलिकाओं को कुछ समय तक किसी साधारण गरम स्थान में पड़ा रहने दीजिए। चूने के पानी का निरीक्षण करिए।

5. खमीर के पौधों को देखना

किसी कालेज या हाई स्कूल से अथवा किसी डाक्टर से या किसी अस्पताल से एक सूक्ष्मदर्शी मंगनी मांग लाइए। खमीर वाले शरबत की एक-दो बूंदें शीशे की पट्टिका (स्लाइड) पर रखिए और सूक्ष्मदर्शी द्वारा उसका निरीक्षण करिए। आपको अनेक अण्डाकार कोशिकाएं दिखाई पड़ेगी। प्रत्येक कोशिका खमीर का एक पौधा है। सम्भवतः आप कुछ ऐसे पौधे भी देखेंगे जिन पर कलियां लगी हैं। यही रीति है जिससे खमीर के पौधे प्रजनन करते हैं।

झ. मिट्टी के बिना पौधे उगाना

सम्भव है कि कुछ बच्चे घर के भीतर मिट्टी के बिना ही पौधे उगाना चाहें। ऐसा किया तो जा सकता है परन्तु इसके लिए विशेष सामग्री और रासायनिक पदार्थों की आवश्यकता होगी। इन प्रयोगों के लिए आवश्यक सामग्री की पेटिया 'सायंस सर्विस, 1719 ऐन स्ट्रीट, ऐन० डब्ल्यू० वाशिंगटन डी० सी०, यू० एस० ए० (संयुक्त राज्य अमेरिका)' से 4.95 डालर में मगाई जा सकती हैं।

ञ. सरल बागवानी

कई लड़के चाहते हैं कि घर या स्कूल में उद्यान बनाए जाएं। प्रत्येक बच्चे को उत्साहित करना चाहिए कि वह थोड़ी-सी भूमि इस काम के लिए चुन ले और उसे साफ करे। जब भूमि की गोड़ाई अच्छी तरह कर दी जाए तो उसमें पंक्तियों के लिए लाइनें डाल दी जाएं। अगर मूली या लैट्यूस (या गाजर) आदि बोने हों तो ऐसा किया जा सकता है कि पहली पंक्ति में मूलियां बोई जाएं और हर दूसरी में लैट्यूस। प्रत्येक विद्यार्थी को चाहिए कि वह अपने उद्यान का नक्शा बनाए और उसमें यह दिखाए कि कहां क्या वस्तु बोई गई है।

पौधों को घर पर या स्कूल में बोया जा सकता है और बाद में उनको खेत में रोपा जा सकता है। इसके लिए लगभग 10 सेंटीमीटर गहरे लकड़ी के बक्सों की आवश्यकता पड़ेगी (इनके बदले मिट्टी के गमलों का भी उपयोग किया जा सकता है)। इन बक्सों

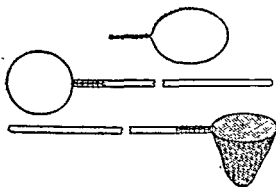
में अच्छी (पुरानी खाद मिली हुई) मिट्टी लगभग 8 सेंटीमीटर तक भर दी जाती है। टमाटर, गोभी, करमकल्ला (पातगोभी) और छोटे पौधों के बीज घर के भीतर बोए जा सकते हैं। जब तक खेत में मूली, गाजर के पौधे तैयार होंगे, तब तक घर के भीतर बोए गए पौधे भी खेत में रोपे जाने योग्य हो जाएंगे।

बागवानी करने से पौधों को उगाने और उनकी देख-भाल करने के सम्बन्ध में कई एक उपयोगी बातों का ज्ञान मिलेगा। समय आने पर उगाई हुई सब्जियों की प्रदर्शनी की भी योजना बनाई जा सकती है।

अध्याय—4

प्राणियों का अध्ययन करने के लिए प्रयोग और सामग्री

1. कीट-जाली

एक गोल छड़ी (या बांस), थोड़ा मोटा तार और मसहरी की जाली या खंखरे कपड़े से एक उपयोगी कीट-जाली बनाई जा सकती है। मोटे तार को मोड़ कर 39 से 45 सेंटीमीटर व्यास का वलय बना दीजिए और उसके सिरों को एक साथ करके ऐंठ दीजिए और यह ध्यान रखिए कि वह सीधा भाग कम-से-कम 15 सेंटीमीटर लम्बा हो। इस वलय को इस छड़ी (या बांस) के सिरे पर तार (या डोरी) से बांध दीजिए या दो-मुंहे कीलों से जड़ दीजिए। मसहरी की जाली का एक टुकड़ा इतना बड़ा काटिए कि उससे लगभग 75 सेंटीमीटर गहरी जाली बन जाए। इस जाली को पूर्वोक्त गोल तार पर टांक दीजिए।

2. कीट-मार बरतन

चौड़े मुंह का एक काच का बरतन ले लीजिए, जिसके ऊपर पेचदार ढक्कन लगा हो या जो कस कर बन्द किया जा सके। पेंदी में रूई की गद्दी रख दीजिए और उसके ऊपर गत्ते या सोख्ते का एक गोल टुकड़ा रख दीजिए, जिसमें कई-एक छेद कर दिए गए हों। प्रयोग करते समय रूई को कार्बन टेट्राक्लोराइड (कार्बोना) अथवा किसी ऐसे अन्य कृमिनाशक से तर कर दीजिए, जिसमें डी० डी० टी० पड़ी हो। गत्ते को रूई के ऊपर रख दीजिए और तब कीट (पतंगे या कीडे) को बरतन में डाल दीजिए। बरतन को कस कर बन्द कर दीजिए और जब तक कीट मर न जाए, उसे न खोलिए। यदि पतंगे या तितलियां तैयार की जा रही हों तो यह ध्यान रहे कि बरतन का मुंह इतना बड़ा अवश्य हो कि निकालते समय पंख न टूटने पाए।

3. कीटों के लिए तान-पट्टिका

यदि कीटों को आरोपित करने के लिए तान-पट्टिका की आवश्यकता पड़ती है तो सिगार बक्स से बहुत जल्दी ही तान-पट्टिका बनाई जा सकती है। सिगार बक्स से ढक्कन को अलग कर दीजिए और उसे बीच से लम्बाई में चीर कर उसके दो बराबर भाग कर दीजिए। अब दोनों भागों के बीच लगभग 1 सेंटीमीटर चौडा स्थान छोड़ कर इन्हें फिर से बक्स पर जड़ दीजिए। कीट के शरीर को इस गड्ढे में रख दिया जाता है और पखों को अगल-बगल की लकड़ी के ऊपर कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों द्वारा स्थिर कर दिया जाता है। कागज़ के टुकड़े ढक्कन की नरम लकड़ी में पिन खोंस कर जड़े जाते हैं। इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि ये पिन केवल कागज़ में से ही होकर जाएं, कीटों के पंख में से नहीं। कभी-कभी ढक्कन के दोनों भागों को छोटा कोण बनाते हुए भी रखना उपयोगी होता है। इसके लिए ढक्कन के टुकड़ों को जड़ने के पहले सिगारों के बक्स के सिरों को V के रूप में काट देने से काम चल सकता है।

यह नीचे के चित्र में ख पर दिखाया गया है।

4. कीट संचयों के लिए आरोपण-पेटिकाएं

लकड़ी या दफ्ती के सिगार बक्सों से बहुत उपयोगी और सुविधाजनक कीट संचय-पेटिकाएं बन सकती हैं। तान-पट्टिका से कीट को हटाने के बाद उसके शरीर में एक पिन गोद दी जाती है, और वह पिन बक्स की पेंदी में खोंस दी जाती है, जिससे कीट वहीं लगा रहे। पिनों को क्रम से लगाना चाहिए। पिन के सिरे के पास मोटे-से कागज़ का एक छोटा कार्ड लगाया जा सकता है, जिस पर उस कीट के सम्बन्ध में थोड़ा-बहुत विवरण हो।

सिगार बक्सों के भीतर रूई बिछा कर भी कीटों को आरोपित किया जा सकता है। ढक्कन हटा दिया जाता है और बक्स के भीतर धुनी रूई की तहें जमा दी जाती हैं। इस पर कीट सजा दिए जाते हैं और तब बक्स को कांच या सेलोफेन से ढक दिया जाता है। कांच या सेलोफेन को पट्टी (टेप) से बक्स पर चिपका दिया जाता है। लीजिए, आपकी पक्की आरोपणी (माउंटिंग) तैयार है। यह आरोपणी तितलियों और पतंगों को आरोपित करने के लिए अथवा पाठशाला के संग्रहालय (म्यूज़ियम) में कीटों के प्रदर्शन के लिए बहुत ही उपयुक्त है।

5. विज्ञान कक्ष के लिए जन्तुओं के पिंजड़े

प्रारम्भिक और सामान्य विज्ञान में बहुधा यह आवश्यक हो जाता है कि कभी-कभी जन्तुओं को पिंजड़े में बन्द करके कक्षा में भी थोड़े समय के लिए रखा जाए ताकि विद्यार्थीगण उनका अध्ययन कर सकें। उसके लिए पिंजड़े ठीक ढंग से बनाए जाने चाहिए। जिन वस्तुओं से ये बनाए जाते हैं, वे वस्तुएं हर जगह मिल सकती हैं।

ऐसा एक पिंजड़ा लकड़ी के बक्स से बनाया जा सकता है। इसमें एक कब्जेदार ढक्कन होना चाहिए। ढक्कन में एक खिड़की (खुला भाग) हो जिस पर तार की जाली लगा दी जाए। बक्स के चारों पार्श्वों में भी खिड़कियां बना देनी चाहिए। अगल-बगल और पीछे की खिड़कियों में जाली लगा दीजिए और सामने वाली खिड़की में कांच जड़ दीजिए। इस तरह के पिंजड़ों में नीचे एक दराज़ लगा देने से पिंजड़ा और भी उपयोगी हो जाता है। दराज़ कांच वाली खिड़की के नीचे रहे और उसकी लम्बाई-चौड़ाई इतनी हो कि वह नीचे से समूची पेंदी को ढक ले। तब इससे जानवरों को परेशान किए बिना ही पिंजड़े की सफ़ाई की जा सकती है।

शीतोष्ण प्रदेशों में तार की जाली की बजाय बांस की खपचियां अथवा लकड़ी लगा कर बहुत उपयोगी पिंजड़े बनाए जा सकते हैं।

पिंजड़े में बन्द जन्तुओं को दाना-पानी देना बहुधा सरल नहीं होता। खाद्य और पानी के बरतनों को आम तौर पर पेंदी से कुछ ऊपर रखना चाहिए। छोटे जन्तुओं के लिए मामूली खाने का बरतन साधारण टीन के डिब्बे से बन सकता है। डिब्बे की बगल से एक पट्टी काट लेनी चाहिए और फिर डिब्बे को पिंजड़े की बगल में छोटे तारों से लटका देना चाहिए, जैसा चित्र में दिखाया गया है। सफ़ेद

चूहों, गिनी पिग्स और बड़े चूहों (हैम्स्टर्स) को पानी देने की व्यवस्था एक बोतल और कांच अथवा प्लास्टिक की छोटी नलिका द्वारा की जा सकती है (चित्र देखिए)।

6. घर पर बनी कीटधानी (वर्मरी)

लकड़ी का एक बक्स लीजिए, जिसका आकार 30 सेंटीमीटर × 30 सेंटीमीटर × 15 सेंटीमीटर का हो। इसमें सामने की ओर कांच लगा होना चाहिए। यह बक्स केंचुओं के रहन-सहन का अध्ययन करने के लिए उपयोगी होगा।

बक्स को लगभग ऊपर तक (क) बालू, (ख) सड़ी पत्तियों, और (ग) भुरभुरी मिट्टी से भर दीजिए। ऊपरी तह डालने के पहले प्रत्येक निचली तह को अच्छी तरह दबा देना चाहिए।

ऊपर की मिट्टी पर लेट्यूस की पत्तियां (अथवा करमकल्ले की नरम पत्तिया या अन्य साग-पात), गाजर, इत्यादि रख दीजिए और साथ ही कुछ केंचुए भी छोड़ दीजिए।

बक्स के भीतर की सामग्री को नमदार रखिए और केंचुओं के रहन-सहन का अध्ययन करिए।

7. कीड़ों के जीवन-वृत्त का अध्ययन

गत्ते का एक बड़ा-सा बक्स लीजिए और उसके चारों ओर की दीवारों में बड़े आयताकार छेद काट कर उनको बहुत महीन कपड़े से ढक दीजिए। कपडे को बक्स के किनारों पर मोड़ दीजिए और लेई से चिपका दीजिए। एक बड़ा-सा द्वार भी बनाइए। इसके लिए बक्स की एक दीवार को तीन ओर से काटिए और चौड़े मोड़ पर गत्ते को मोड़ दीजिए। हत्था बनाने के लिए हरे कागज या गत्ते का एक टुकड़ा मोड़ कर द्वार के सिरे के पास चिपका दीजिए। बक्स की असली पेंदी को ज्यों-का-त्यों रहने दीजिए ताकि बक्स मजबूत रहे। (यदि सेलोफेन मिल सके तो द्वार अथवा एक दीवार में एक खिडकी बनाई जा सकती है)। पेंदी पर एक टुकड़ा कागज बिछा दीजिए पर उसे चिपकाइए नही। इससे बक्स की सफाई करने में सुगमता रहेगी। कुछ छोटी-छोटी प्यालियों में नमदार मिट्टी रखिए, उनमें फूल खोंस दीजिए और खाद्य पौधों की पत्तिया तथा तने भी रख दीजिए। पानी से भरे बरतन रखना ठीक नही रहता क्योंकि पानी में डूब कर कीट मर भी सकते है।

तितलियों के जीवन-इतिहास की सभी अवस्थाओं को जानने के लिए यह पिंजड़ा बहुत उपयुक्त है और अगर प्यूपे बनने के लिए मिट्टी के बड़े बरतन भी साथ रख दिए जाएं तो यह पतंगो (माथ) के सम्बन्ध में भी उपयोगी हो सकता है। कीड़ों के छूने आदि के लिए ब्रुश या किसी छोटी छड़ी से काम लिया जा सकता है।

8. टिड्डे और तृण-कीटों के लिए सामग्री जुटाना

इन कीटों को चौड़े मुंह के काच के बरतन, अमृतबान अथवा बड़े गिलास, को उलट कर

यह नीचे के चित्र में ख पर दिखाया गया है।

4. कीट संचयों के लिए आरोपण-पेटिकाएं

लकड़ी या दफ्ती के सिगार बक्सों से बहुत उपयोगी और सुविधाजनक कीट संचय-पेटिकाएं बन सकती हैं। तान-पट्टिका से कीट को हटाने के बाद उसके शरीर में एक पिन गोद दी जाती है, और वह पिन बक्स की पेंदी में खोंस दी जाती है, जिससे कीट वहीं लगा रहे। पिनों को क्रम से लगाना चाहिए। पिन के सिरे के पास मोटे-से कागज़ का एक छोटा कार्ड लगाया जा सकता है, जिस पर उस कीट के सम्बन्ध में थोड़ा-बहुत विवरण हो।

सिगार बक्सों के भीतर रूई बिछा कर भी कीटों को आरोपित किया जा सकता है। ढक्कन हटा दिया जाता है और बक्स के भीतर धुनी रूई की तहें जमा दी जाती हैं। इस पर कीट सजा दिए जाते हैं और तब बक्स को कांच या सेलोफेन से ढक दिया जाता है। कांच या सेलोफेन को पट्टी (टेप) से बक्स पर चिपका दिया जाता है। लीजिए, आपकी पक्की आरोपणी (माउंटिंग) तैयार है। यह आरोपणी तितलियों और पतंगों को आरोपित करने के लिए अथवा पाठशाला के संग्रहालय (म्यूज़ियम) में कीटों के प्रदर्शन के लिए बहुत ही उपयुक्त है।

5. विज्ञान कक्ष के लिए जन्तुओं के पिंजड़े

प्रारम्भिक और सामान्य विज्ञान में बहुधा यह आवश्यक हो जाता है कि कभी-कभी जन्तुओं को पिंजड़े में बन्द करके कक्षा में भी थोड़े समय के लिए रखा जाए ताकि विद्यार्थीगण उनका अध्ययन कर सकें। उसके लिए पिंजड़े ठीक ढंग से बनाए जाने चाहिए। जिन वस्तुओं से ये बनाए जाते हैं, वे वस्तुएं हर जगह मिल सकती हैं।

ऐसा एक पिंजड़ा लकड़ी के बक्स से बनाया जा सकता है। इसमें एक कब्ज़ेदार ढक्कन होना चाहिए। ढक्कन में एक खिड़की (खुला भाग) हो जिस पर तार की जाली लगा दी जाए। बक्स के चारों पार्श्वों में भी खिड़कियां बना देनी चाहिए। अगल-बगल और पीछे की खिड़कियों में जाली लगा दीजिए और सामने वाली खिड़की में चाक जड़ दीजिए। इस तरह के पिंजड़ों में नीचे एक दराज़ लगा देने से पिंजड़ा और भी उपयोगी हो जाता है। दराज़ कांच वाली खिड़की के नीचे रहे और उसकी लम्बाई-चौड़ाई इतनी हो कि वह नीचे से समूची पेंदी को ढक ले। तब इससे जानवरों को परेशान किए बिना ही पिंजड़े की सफाई की जा सकती है।

शीतोष्ण प्रदेशों में तार की जाली की बजाय बांस की खपचियां अथवा लकड़ी लगा कर बहुत उपयोगी पिंजड़े बनाए जा सकते हैं।

पिंजड़े में बन्द जन्तुओं को दाना-पानी देना बहुधा सरल नहीं होता। खाद्य और पानी के बरतनों को आम तौर पर पेंदी से कुछ ऊपर रखना चाहिए। छोटे जन्तुओं के लिए मामूली खाने का बरतन साधारण टीन के डिब्बे से बन सकता है। डिब्बे की बगल से एक पट्टी काट लेनी चाहिए और फिर डिब्बे को पिंजड़े की बगल में छोटे तारों से लटका देना चाहिए, जैसा चित्र में दिखाया गया है। सफेद

चूहों, गिनी पिग्स और बड़े चूहों (हैम्स्टर्स) को पानी देने की व्यवस्था एक बोतल और काच अथवा प्लास्टिक की छोटी नलिका द्वारा की जा सकती है (चित्र देखिए)।

6. घर पर बनी कीटधानी (वर्मरी)

लकड़ी का एक बक्स लीजिए, जिसका आकार 30 सेंटीमीटर × 30 सेंटीमीटर × 15 सेंटीमीटर का हो। इसमें सामने की ओर कांच लगा होना चाहिए। यह बक्स केंचुओं के रहन-सहन का अध्ययन करने के लिए उपयोगी होगा।

बक्स को लगभग ऊपर तक (क) बालू, (ख) सड़ी पत्तियों, और (ग) भुरभुरी मिट्टी से भर दीजिए। ऊपरी तह डालने के पहले प्रत्येक निचली तह को अच्छी तरह दबा देना चाहिए।

ऊपर की मिट्टी पर लेट्यूस की पत्तिया (अथवा करमकल्ले की नरम पत्तियां या अन्य

साग-पात), गाजर, इत्यादि रख दीजिए और साथ ही कुछ केंचुए भी छोड़ दीजिए।

बक्स के भीतर की सामग्री को नमदार रखिए और केंचुओं के रहन-सहन का अध्ययन करिए।

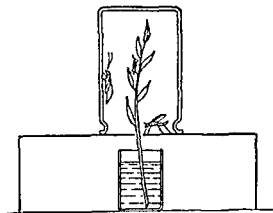
7. कीड़ों के जीवन-वृत्त का अध्ययन

गत्ते का एक बड़ा-सा बक्स लीजिए और उसके चारों ओर की दीवारों में बड़े आयताकार छेद काट कर उनको बहुत महीन कपड़े से ढक दीजिए। कपड़े को बक्स के किनारों पर मोड़ दीजिए और लेई से चिपका दीजिए। एक बड़ा-सा द्वार भी बनाइए। इसके लिए बक्स की एक दीवार को तीन ओर से काटिए और चौड़े मोड़ पर गत्ते को मोड़ दीजिए। हत्था बनाने के लिए हरे कागज या गत्ते का एक टुकड़ा मोड़ कर द्वार के सिरे के पास चिपका दीजिए। बक्स की असली पेंदी को ज्यों-का-त्यों रहने दीजिए ताकि बक्स मजबूत रहे। (यदि सेलोफेन मिल सके तो द्वार अथवा एक दीवार में एक खिड़की बनाई जा सकती है)। पेंदी पर एक टुकड़ा कागज़ बिछा दीजिए पर उसे चिपकाइए नहीं। इससे बक्स की सफाई करने मे सुगमता रहेगी। कुछ छोटी-छोटी प्यालियों में नमदार मिट्टी रखिए, उनमें फूल खोंस दीजिए और खाद्य पौधों की पत्तियां तथा तने भी रख दीजिए। पानी से भरे बरतन रखना ठीक नहीं रहता क्योंकि पानी में डूब कर कीट मर भी सकते है।

तितलियों के जीवन-इतिहास की सभी अवस्थाओं को जानने के लिए यह पिंजड़ा बहुत उपयुक्त है और अगर प्यूपे बनने के लिए मिट्टी के बड़े बरतन भी साथ रख दिए जाएं तो यह पतंगों (माथ) के सम्बन्ध में भी उपयोगी हो सकता है। कीड़ों के छूने आदि के लिए ब्रुश या किसी छोटी छड़ी से काम लिया जा सकता है।

8. टिड्डे और तृण-कीटों के लिए सामग्री जुटाना

इन कीटों को चौड़े मुंह के कांच के बरतन, अमृतबान अथवा बड़े गिलास, को उलट कर

उसमें रखा जा सकता है। उनके खाने के लिए बरतन में पत्तियां रख देनी चाहिए। पत्तियों की टहनी को पानी के छोटे बरतन में खड़ा किया जा सकता है। कीट को अधिक स्थान देने के लिए और उसे डूबने से बचाने के लिए औंधे बरतन को, जूते के औंधे डिब्बों को उल्टा रख कर उस पर रखा जा सकता है। पत्तियां जूते के बक्स की पेंदी से, जो अब सबसे ऊपर है, बाहर निकली रहें।

9. मक्खियों के लिए अमृतबान से बना जीवालय

बड़ी मक्खी (ब्लो फ्लाई) के जीवन और रहन-सहन का अध्ययन करने के लिए उसे कांच के अमृतबान में रखा जा सकता है। जब वह इस बरतन में रखे कूड़े पर अण्डे दे चुके तो मक्खी को दूसरे बरतन में रख दीजिए और अण्डों को किसी साधारण गरम स्थान में रख दीजिए (जाड़ों में धूप में)। एक सप्ताह बीतने पर अण्डों से ढोले (जेण्टिल्स) निकलेंगे। एक सप्ताह और बीतने पर वे पीतावेष्टित (क्रिसैलाइड) हो जाएंगे। अगर थोड़ी-सी गीली मिट्टी अथवा काई (मॉस) को बरतन में डाल दिया जाए तो वे सूखेंगे नहीं। कुछ ही सप्ताहों में उनका पूरा जीवन-इतिहास जाना जा सकता है। बाद में उनसे सम्बन्धित कई समस्याओं की छान-बीन भी की जा सकती है, जैसे क्या वे सोती हैं? वे क्या खाती हैं? नर और मादा में क्या अन्तर होता है?

10. मकड़ियों का अध्ययन

आपने देखा होगा कि कई जातियों की मकड़ियां पानी के ऊपर या पालिश किए हुए धरातलों पर नहीं चल पातीं। इस तथ्य से लाभ उठाया जा सकता है। पानी के थाल में पौधे का गमला रख दीजिए या गमले को पालिश की हुई मेज पर रखिए। दो या तीन छड़ियों या गत्ते की पट्टियों को एक बहुभुज के आकार के अनुसार आपस में बांध दीजिए, और इस ढांचे को गमले के पौधे के सहारे कुछ तिरछा खड़ा कर दीजिए। अब पौधे पर एक जाला बुनने वाली मकड़ी रख दीजिए। वह जाला बुनना शुरू कर देगी।

यदि किसी अलमारी की कुछ दराजें निकाल दी जाएं और उसमें एक बड़ा-सा मकड़ा, जैसे एपायरा डायाडेमाटा (मादा), रख दिया जाए तो वह उसमें ही जाला बुन देगा। अलमारी में कुछ पौधे रख दीजिए और फिर मकड़े को रख कर अलमारी का द्वार बन्द कर दीजिए। कुछ घंटों के बाद द्वार खोलिए। इससे सम्भवतः जाला टूट जाएगा, परन्तु अब यदि द्वार को खुला छोड़ दिया जाए तो मकड़ा भागने की कोशिश नहीं करेगा। वह एक दूसरा जाला बुन डालेगा। यदि उसके जाले में काफी कीट न फंसें तो उसे कीट, ढोले, पतंगे या मक्खियां खाने को देनी चाहिए।

जाला बुनने की विधि भी देखनी चाहिए और उसके खाने तथा अन्य कार्य-व्यवहारों को तिथि तथा समय सहित नोटबुक में लिख देना चाहिए। अनियमित जाला बनाने वाली मकड़ी (कावबेब स्पाइडर) को बड़े अमृतबान में रखना चाहिए। अमृतबान पर जाली लगा देने से समय-समय पर भीतर डाली गई मक्खी उड़ कर भाग नहीं पाएगी। मकड़ी जितने भी अण्डे देगी, वे सुगमता से देखे जा सकते हैं और खाने के सम्बन्ध में उसकी रोचक आदतों का भी अध्ययन किया जा सकता है।

11. मेंढकों और भेकों का पालन और प्रेक्षण

मेंढकों और भेकों को चिड़ियां खाने के किसी

पुराने पिंजड़े में रखा जा सकता है। इसके भीतर मिट्टी, पौधे और पानी के लिए एक-दो खाली तश्तरियां रख दीजिए। तब पिंजड़े के दरवाज़े से, जो साधारणत: छोटा होता है, पानी से भरी बोतल पिंजड़े के भीतर डाल कर तश्तरियों को भर दीजिए। मेंढकों तथा भेकों को खाने के लिए केंचुए और मक्खियां देनी चाहिए।

मेंढकों और भेकों के श्वसन-तन्त्रों, सांस की गति और उनकी खाने की आदतों का सही-सही अध्ययन किया जा सकता है। यदि पिंजड़े पर आड़ कर दी जाए तो यह देखा जा सकता है कि इससे मेंढक की चमड़ी के रंग में क्या परिवर्तन होता है। यदि एक मेंढक को शीशे के एक बड़े कटोरे में डाल दिया जाए तो उसके तैरने की विधि भी देखी जा सकती है।

बेगचियों को कांच के बरतनों में रखा जा सकता है परन्तु जब उनका रूपान्तर निकट आए तो उनको किसी कम गहरी तश्तरी या थाली में डाल देना चाहिए। थाली के बीच में थोड़े-से पत्थर रख दिए जाएं। बेगचियों से उत्पन्न छोटे मेंढकों को पालना सरल नहीं है। अच्छा यही होगा कि उनको मुक्त कर दिया जाए और अधिक आयु के मेंढकों को ही ऊपर की रीति के अनुसार पाला जाए।

(जस्ती बरतन ऐम्फीबिया—उभयचर प्राणियों—के लिए उपयुक्त नहीं होते।)

12. चूहों का पालन और प्रेक्षण

काले और सफेद चूहों को जस्ते की कलई वाली चादरों से बने नहाने के पुराने टबों में रखा जा सकता है। टब को मजबूत तार की बड़े छेदों वाली जाली से ढक देना चाहिए। चूहे के बच्चे तार की जाली से बाहर निकल आएंगे और जाली पर खेल-कूद मचाएंगे। यदि जाली टब के चारों ओर कई इंच बाहर बढ़ी रहे और पास में कोई लाग न रहे तो वे जाली पर से उतर नहीं सकेंगे। टब की पेंदी पर स्वच्छ बालू की कम-से-कम 3 सेंटीमीटर मोटी तह बिछा देनी चाहिए। इसको प्रति दिन बदलना चाहिए। बालू को बहते पानी में अच्छी तरह धोकर और हवा में फैला कर सुखाने के बाद फिर से इस्तेमाल किया जा सकता है। रहने की जगह बनाने के लिए कपड़े के साफ टुकड़े लीजिए। बाद में या तो इनको उबाल लीजिए या फिर फेंक दीजिए।

चूहों को पालना सरल होता है। वे सभी कुछ खा लेते हैं। उन्हें जूठन और तरकारी आदि की छीलन खाने के लिए दी जा सकती है। उनको थोड़े-से 'पैरट सीड' भी दे देने चाहिए, जिसका अधिक भाग हेलिएन्थस के बीज होते हैं (इसके बदले चना भी दिया जा सकता है)। चूहों को 'पैरट सीड' बहुत अच्छे लगते हैं और वे उन्हें पंजों में पकड़ कर उनके छिलकों को तोड़ते हैं। उनको सूर्यमुखी, मटर, सेम या गेहूं (या चने) के नव अंकुरित पौधे देने चाहिए ताकि उनको पर्याप्त मात्रा में सब विटामिन मिल सकें।

शुरू में चूहों की एक जोड़ी ही काफी होगी क्योंकि चूहों के बच्चों की परम्परा तेजी से बढ़ती है।

यदि चूहों को अच्छा खाना दिया जाए और उनके साथ सहानुभूतिपूर्वक बर्ताव किया जाए तो वे शीघ्र ही पालतू बन जाते हैं और जब तक वे डर न जाएं, कभी काटते नहीं। एक ही व्यक्ति या सदैव उन्हीं व्यक्तियों द्वारा उनका पालन आदि होना चाहिए।

चूहों के रहन-सहन और प्रजनन का अध्ययन करें। उनकी वृद्धि का लेखा बनाएं। चूहों का वजन लेने के लिए एक विशेष बक्स बनाइए। गत्ते का एक ऐसा बक्स लीजिए जिसका ढक्कन गहरा हो। हवा आने-जाने के लिए ढक्कन में कई-एक छोटे-छोटे छेद कर लीजिए। बक्स के भीतर थोड़े-से हेलिएन्थस (अथवा चने) के बीज रख दीजिए, और जब चूहा इसमें घुसे, ढक्कन लगा दीजिए। बक्स और चूहे को एक ही साथ तोलिए और प्राप्त तौल से बक्स की तौल को घटा लीजिए। आहार सम्बन्धी सरल प्रयोगों के लिए चूहों

M14DPD/62—10

की तौल को सूचकांक माना जा सकता है । चूहों को नियमित ढंग से तोलना चाहिए जैसे, प्रति सप्ताह ।

चूहों की सहायता से सरल मेण्डलियन प्रयोग भी किए जा सकते हैं ।

यदि चीड़-फाड़ की आवश्यकता पड़े और क्लोरोफार्म उपलब्ध न हो, तो चूहे को निम्नलिखित रीति से बड़ी सरलता से मारा जा सकता है : मजबूत पेटी अथवा अच्छे ढक्कन वाले बिस्कुट के छोटे डिब्बे की पेंदी, दीवारों और ढक्कन में कील से ठोंक कर कई-एक छेद करिए । चूहे को इस डिब्बे में रख दीजिए और ढक्कन लगा दीजिए । समूचे डिब्बे को पानी में डुबा दीजिए और ढक्कन पर भारी बोझ रख दीजिए । डिब्बे में पानी भर जाएगा और चूहा शीघ्र मर जाएगा ।

13. चींटियों का अध्ययन करने के लिए प्रेक्षण-नीड़

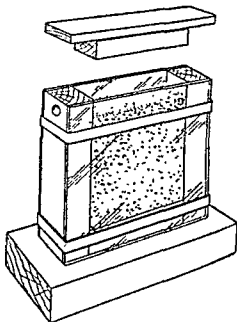
चींटियों के जीवन-इतिहास के अध्ययन के लिए एक प्रेक्षण-नीड़ निम्नलिखित रीति से सुगमतापूर्वक बनाया जा सकता है :

लकड़ी के तीन टुकड़े लीजिए, जिनमें से प्रत्येक की लम्बाई 30 सेंटीमीटर और मोटाई-चौड़ाई 1.5 सेंटीमीटर हो । इन टुकड़ों को U की आकृति में जोड़ दीजिए । अब इसको लकड़ी की किसी पेंदी पर जड़ दीजिए । इसके बाद 30 सेंटीमीटर × 30 सेंटीमीटर के दो काच के टुकड़े काटिए और उनको U के दोनों ओर रख कर उन पर रबड़ के छल्ले लगा दीजिए या धातु के किसी प्रकार के मग्धरों (क्लिपों) से उन्हें जड़ दीजिए ।

अब इसके ऊपर लगाने के लिए एक ढक्कन बनाइए जो इस पर कस कर बैठ । चित्र को देखिए । एक तरफ, ऊपरी किनारे से लगभग 5 सेंटीमीटर नीचे, 0.5 सेंटीमीटर व्यास का छेद कीजिए और उसमें रूई ठूंस दीजिए ।

नीड़ बनाने के लिए यह आवश्यक है कि का के बीच के स्थान में मिट्टी भर दी जाए । मि उसी खेत से लेनी चाहिए जहां से चींटि लाई जाएं ।

ऊपर से बलुई मिट्टी डाल दीजिए और बीच-बीच में दबा कर इसके तल को लग उस छेद के स्तर तक ला दीजिए जहां रूई ठूं हुई है ।

जहां तक चींटियों का सम्बन्ध है, इस काम लिए काली या लाल चींटियां सबसे अधि उपयुक्त होती हैं । वे अपनी बस्ती प्रायः सप पत्थरों के नीचे ही बनाती हैं ।

जैसे ही आप सपाट पत्थर उठाएंगे चींटियां भागने लगेंगी । अब संकरे मुंह के दवा वाली दो शीशियां, उनके मुंह को बन्द करने के लिए रूई, खुरपी और एक ताव बड़ सफेद कागज या चादर चाहिए ।

एक शीशी को भूमि पर रख दीजिए और चींटियों को बोतल में जाने दीजिए । लगभग 100 चींटियां लीजिए । तब रूई ठूंस कर शीशी का मुंह बन्द कर दीजिए ।

इसके बाद रानी का पता लगाइए। इसके लिए काफी गहराई तक खुरपी से खोदिए और सफ़ेद चादर को भूमि पर बिछा कर मिट्टी को उस पर फैलाते जाइए। जब आप मिट्टी के ढोकों को अंगुलियों से तोड़ेंगे तो आप देखेंगे कि एक चीटी औरों से बहुत बड़ी है। यही रानी है। इसे दूसरी शीशी में डाल दीजिए, परन्तु इस काम में धैर्य की आवश्यकता होगी।

प्रेक्षण-नीड़ मे चीटियों को पहुंचाने के लिए किसी बड़े थाल में पानी भर दीजिए और उसके बीच में एक थाली उल्टी करके रख दीजिए, जिसके बीच में एक टापू-सा बन जाए और उस पर से चीटियां भाग न सकें। प्रेक्षण-नीड़ को बीच वाली थाली पर रख दीजिए और चीटियों को उस थाली पर या सीधे प्रेक्षण-नीड़ पर ही छोड़ दीजिए। एक बार जब रानी उसमें बन्द हो जाएगी तो शेष चीटियां अपने-आप द्वार में से भीतर आ जाएंगी।

चीटियों को दिन का प्रकाश अच्छा नही लगता, इसलिए छेद में रूई ठूस दीजिए और नीड़ पर मोटे बादामी कागज़ का लिफाफा चढा दीजिए। तब घोंसले को उठा कर उसके नियत स्थान में रख दीजिए।

द्वार के पास भीतर शीशे पर थोड़ा-सा शहद चुपड़ लीजिए, चीटियों के लिए काफी आहार की व्यवस्था हो गई। मिट्टी को नमदार रखने के लिए फाउंटेनपेनों में स्याही भरने की नलिका से कभी-कभी भीतर पानी छिड़क दीजिए।

नीड़ के भीतर की कौतूहलपूर्ण घटनाओं, अण्डों का दिया जाना, ढोलो का निकलना, चीटियों के परस्पर वार्तालाप का ढंग, जो एक-दूसरे के सिर को शृंगिकाओं (ऐण्टेन्नी) से छू कर किया जाता है, का अध्ययन कृत्रिम प्रकाश में किया जा सकता है क्योंकि कृत्रिम प्रकाश से चीटियों के कार्य-व्यवहार में कोई बाधा नही पड़ती। चीटियों की सुरंग कांच के समानान्तर ही बनाई जानी चाहिए ताकि ये सब बातें बड़ी सुगमता से देखी जा सकें।

निम्नलिखित प्रयोग भी लाभदायक सिद्ध होंगे—कुछ चीटियों को नीड़ से बाहर निकालना और फिर वापस रख देना, दूसरे स्थान से कुछ चीटियों को लाकर नीड़ में डाल देना, हरी मक्खियों को या मकड़ियों आदि को नीड़ मे डाल देना, आदि आदि।

एक बार जब नीड़ सुस्थित हो जाए और रानी अण्डे देने लगे, तब द्वार में से रूई निकाल दी जा सकती है। प्रेक्षण-नीड़ को एक खुली खिड़की के पास रख देने से चीटियां वर्ष भर स्वतन्त्रता से आती-जाती रहेंगी।

14. अमृतबान का मत्स्यकुण्ड[1] (जल-जीवशाला)

यदि काच की कोई बड़ी टंकी न मिल सके तो साधारणतः किसी भी काच के बरतन से साधारण मत्स्यकुण्ड बनाया जा सकता है। केवल यह ध्यान मे रहे कि मत्स्यकुण्ड के पानी में एलोडिया या मिरियोफाइलम (या सेवार तथा अन्य पौधे, जो तालों या नदियो मे पानी के भीतर ही भीतर उगते हैं) आदि काफी जल-पौधे रखे जाएं ताकि पानी में हवा पहुंचती रहे। एक किलोग्राम के अमृतबान में कैडिस (कैडिस-फ्लाई) के डिम्भ तालाब में पाए जाने वाले घोंघे, छोटे कठिनी (क्रस्टेशिया) और एलोडा और छोटा लेम्ना (लेम्ना माइनर) आदि पौधे भली-भांति रखे जा सकते हैं। अगर इन पौधों को सावधानी से लगाया जाए तो महीनों तक ये ठीक और सन्तुलित ढंग से काम करेंगे। इसमें कम पौधे लगाना उतना ही हानिप्रद होगा जितना कि अधिक लगाना। इस मत्स्यकुण्ड की देख-रेख करने की कोई आवश्यकता नही है, परन्तु अगर इसमें डिस्टिकस या कोई अन्य शिकारी डिम्भ रखा जाए तो बरतन की पेंदी में 3 सेंटीमीटर

1. मत्स्यकुण्ड में केवल मछलियां ही नहीं पाली जाती, वरन् सभी प्रकार के जल-जीव पाले जा सकते हैं। इसे अंग्रेजी में एक्वेरियम कहते हैं।

तक स्वच्छ बालू भरने से वह कैडिसों के लिए शयन-कक्ष का काम कर देगी। उसके ऊपर महीन कपड़ा डाल देना चाहिए ताकि कैडिस मक्खियों के चुपके से भाग जाने का डर न रहे।

अण्डे देने, अन्य परिवर्तनों तथा उनके अन्य कार्य-व्यवहारों से सम्बन्धित बातों को लिखने के लिए एक दैनिकी (डायरी) अपने पास रखनी चाहिए।

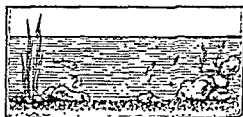
इन मत्स्यकुण्डों के आधार पर तालाब में रहने वाले पौधों और प्राणियों के परस्पर सम्बन्ध का प्रारम्भिक अध्ययन किया जा सकता है।

तालों और नदियों के प्राणियों (मछली आदि) को पकड़ने के लिए रस छानने की छलनी (अथवा आटा छानने की छलनी) एक मजबूत जाल का काम दे सकती है। उस छलनी के बेंट को किसी छड़ी में मजबूती से फीते से बांध दीजिए। फीते को कई बार बेंट के छेद से निकालिए। यदि रबड़-विलयन (सोल्यूशन) मिल सके तो उसे फीते पर खूब चुपड़ दीजिए और फीते पर मजबूत गांठ बांध कर गांठ पर भी विलयन चुपड़ दीजिए।

15. बड़े जलचरों के लिए मत्स्यकुण्ड

इनके लिए 50 सेंटीमीटर × 25 सेंटीमीटर नाप का कांच का मत्स्यकुण्ड बनाना चाहिए। पुराने संचायक के सेलों से भी काम चलाया जा सकता है। परन्तु उसका कांच बहुत साफ नहीं होता।

मत्स्यकुण्ड तैयार करने के लिए किसी निर्मल नदी या ताल की पेंदी में जमी महीन मिट्टी (मल या सिल्ट) लीजिए और उसे बहते पानी में अच्छी तरह धोइए। मत्स्यकुण्ड की पेंदी पर इसकी 2 सेंटीमीटर मोटी तह बिछा दीजिए। उसमें तरकुल (रीड) के कुछ पौधे लगा दीजिए। इनमें पौधों की जड़ों को पत्थर से या सीसे के छल्ले से दबाना चाहिए। तब मोटी बालू या बजरी की एक तह बिछाइए और कुछ बड़े पत्थर रख दीजिए, जिनमें जल-कीट छिप सकें। मत्स्यकुण्ड में धीरे-धीरे पानी डाल कर उसको भरिए और एक-दो दिन तक उसे वैसा ही छोड़ दीजिए। जब पानी निर्मल हो जाए तो उसमें स्वच्छ जल-पौधों को लगाइए। यदि जल-पौधे काफी संख्या में रहे तो वातन-व्यवस्था के लिए व्यर्थ का श्रम नहीं करना होगा।

अब घास को स्वच्छ रखने के लिए कुछ घोंघे भीतर डालिए और तब जिन जलचरों को आप चाहते हों उनको भी मत्स्यकुण्ड में डाल दीजिए। उनको खिलाना भी कम पड़ेगा। मछलियां घोंघों के अण्डों को खा लेंगी और साधारण ताल के पानी में काफी संख्या में छोटे-छोटे जीव रहते हैं, जिनसे उनकी अन्य आवश्यकताएं पूरी हो जाएंगी। यदि केंचुए खिलाने हों तो सप्ताह में केवल एक बार ही देने चाहिए और उन्हें इतने छोटे-छोटे टुकड़ों में काट कर डालना चाहिए कि मछलियां उन्हें आसानी से खा सकें। जो आहार बच रहे उसे तुरन्त निकाल कर फेंक देना चाहिए अन्यथा उसमें फफूंदी लग जाएगी और उससे मछलियां दूषित हो जाएंगी। मत्स्यकुण्ड के ऊपर छेदों-वाला जस्ते का ढक्कन लगा देना चाहिए। इससे जल-छिपकलियां (न्यूट्स) और मेंढक भागने नहीं पाएंगे।

16. फल-मक्षिकाओं के जीवन-चक्र का निरीक्षण

कांच के छोटे अमृतबानों (या बड़े मुंह की बोतलों) में फल-मक्षिकाएं बड़ी सुगमतापूर्वक रह सकती हैं। बरतन की पेंदी में पके फल का एक टुकड़ा रख दीजिए और कागज की कीप बना कर उसे बोतल के मुंह पर कस दीजिए। बोतल को खुले स्थान में रख दीजिए, और जब 6 या 8 फल-मक्षिकाएं उसमें घुस जाएं तो कीप को

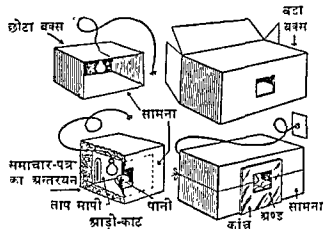
हटा कर बोतल के मुंह मे हल्के-से रूई ठूस दीजिए। इन मक्खियों में कुछ नर और कुछ मादा होंगी। मादा बड़ी होती हैं और उनका पेट अधिक चौड़ा होता है। नर अपेक्षाकृत छोटे होते हैं और उनके पेट पर एक काली नोक होती है।

फल-मक्षिकाए शीघ्र ही अण्डे देंगी और दो-तीन दिन मे डिम्भ निकल आएगे। बरतन के भीतर कागज का एक टुकडा डाल देना चाहिए जिससे प्यूपा बनने का समय आने पर उस पर डिम्भ रेंग सके। इन प्यूपो से प्रौढ़ कीट निकलेंगे। इनसे निकली हुई नई मक्षिकाओं को दूसरे बरतन में रखने से नई पीढी आरम्भ की जा सकती है।

17. मुर्गी के अण्डो को सेना

यदि आपकी कक्षा में बिजली लगी हुई है तो बहुत कम खर्च में अण्डे सेने की एक मशीन, जिसे इन्क्यूबेटर कहते हैं, बनाई जा सकती है। कहीं से गत्ते के दो बक्स लाइए, जिनमे एक बड़ा और एक छोटा हो। छोटे बक्स का एक ओर का एक सिरा काट दीजिए और बडे बक्स के एक ओर की दीवार में 15 सेंटीमीटर की वर्गाकार खिड़की काटिए। इसके बाद छोटे बक्स के ऊपरी सिरे में आधी दूरी तक एक चीर लगाइए (सीधा काटिए) और बक्स के भीतर एक बिजली का बल्ब लटका दीजिए। इस बल्ब में लम्बा तार लगाना चाहिए।

छोटे बक्स को बड़े बक्स के भीतर रखिए और दोनों के बीच चारों तरफ मोड़े हुए समाचारपत्र रख दीजिए। इस बात का ध्यान रखिए कि छोटे बक्स का खुला भाग बड़े बक्स के उस ओर रहे जिधर खिड़की काटी गई है। बक्स के भीतर एक तापमापी ऐसी जगह रखिए जहां से आप उसे पढ़ सके। खिड़की पर काच का टुकड़ा लगा दिया जाता है।

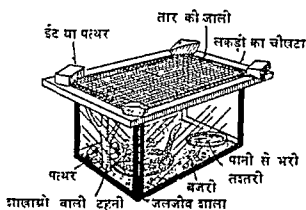
अब आप प्रयोग आरम्भ कर सकते हैं। यह आवश्यक है कि बक्स के भीतर का ताप 21 दिन तक दिन-रात बराबर 103° फा० (40° सेंटीग्रेड) बना रहे। विविध बल्वों के उपयोग से और समाचारपत्रों की संख्या को घटा-बढा कर कुछ दिनों बाद आप अपने इन्क्यूबेटर में इस ताप की नियमित व्यवस्था कर सकेंगे। इन्क्यूबेटर के भीतर छोटी-सी कटोरी मे कुछ पानी रख देना चाहिए।

अब एक दर्जन अवन्ध्य (फर्टाइल) अण्डे प्राप्त करिए। अण्डों को इन्क्यूबेटर में रख दीजिए। तीन दिन बाद एक अण्डा निकाल लीजिए और उसे सावधानी से तोड़िए।

भीतर के पदार्थ को एक कम गहरी तश्तरी में एक साथ ही गिरा दीजिए। आपको तीन दिन के अन्दर एक भ्रूण दिखाई देगा और आप उसके हृदय की धड़कन भी देख सकते हैं और वह शायद आधे घंटे तक धड़कता रहे। हर तीसरे दिन एक अण्डा निकालिए और भ्रूण का विकास देखते रहिए। कुछ अण्डों को यह देखने के लिए पूरे 21 दिन तक रहने दीजिए कि उनमें से किसी में से बच्चा निकलता है या नहीं।

18. सांप

अध्ययन के लिए विषहीन सांपों को कक्षा मे लाया जा सकता है। चित्र में दिखाया गया है कि किस प्रकार एक ऐसा पिंजड़ा बनाया जा सकता है जिसमें सांप के निकल भागने का कोई डर न रहे। पिंजड़े की पेंदी पर बालू और बजरी बिछा देनी चाहिए। पिंजड़े के भीतर पानी का कोई कम गहरा बरतन रख देना चाहिए। कुछ पत्थर और किसी वृक्ष की एक टहनी भी वहां रख देनी चाहिए, जिसमे दो या दो से अधिक शाखाएं हों।

जब कोई विषहीन सांप बाहर दिखाई प तो बहुत ही धीरे-से उसके पास जाना चाहिए यदि सांप को कभी हाथ से उठाना हो त उसे एक हाथ से सिर के ठीक पीछे पकड़ें उसे बहुत कस कर न पकड़ें। शरीर के श भाग को अपने दूसरे हाथ का सहारा दीजिए केंचुए, कई प्रकार के कीट, अण्डे या मांस के छो टुकड़े खिला कर सांपों को पाला जा सकता है कुछ सांप पिंजड़े में बन्द करने पर कुछ खा ही नही। बहुधा सांप कई सप्ताह तक कुछ नह खाते। यदि कोई सांप खाता ही नही तो उ छोड़ देना ही ठीक रहेगा।

अध्याय—8

शिलाओं, मिट्टियों, खनिजों और जीवाश्मों के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

शिलाओं, मिट्टियों, खनिजों और जीवाश्मों के बारे में जानने के लिए बालकों को सदैव उत्सुकता रहती है। प्रायः सभी प्रकार के पर्यावरणों में इनके नमूने मिल सकते हैं, इसलिए ये विज्ञान-शिक्षण में महत्वपूर्ण योग दे सकते हैं। शिक्षक को यह नही समझना चाहिए कि विद्यार्थी जितने नमूने लाएं, उन सबका नाम बताना उसके लिए अनिवार्य है। वर्गीकरण और नामकरण तो प्रशिक्षित भू-गर्भ-वैज्ञानिकों का काम है। पारिभाषिक शब्दो के जाल में फंसे बिना भी शिलाओं और खनिजों के विषय में बहुत-कुछ सीखा जा सकता है। शिलाओं और खनिजों के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त करने के लिए परिशिष्ट-घ देखिए।

कुछ शिलाए रूखी तथा खुरदरी होती है और ऐसा जान पड़ता है, मानो बालू के कण एक-दूसरे में चिपका दिए गए हों। ऐसे पत्थरो को बलुआ पत्थर या बालुकाश्म कहा जा सकता है। शिलाओ का एक दूसरा समूह नन्हें कणों और स्फाटों (क्रिस्टल्स) से बना हुआ जान पड़ता है। वे ग्रेनाइट की तरह होती हैं। उन्हें ग्रेनाइट-सम कहा जा सकता है। स्लेट, चूनापत्थर और नरम परतदार शिला, जो बहुधा नदियो के किनारे मिलती है, साधारण शिलाओं की कुछ दूसरी किस्में हैं। यद्यपि यह सरल शब्दावली वैज्ञानिक दृष्टिकोण से पूर्ण नहीं है, फिर भी साधारण शिलाओं में से अधिकांश के वर्गीकरण के लिए अच्छा काम देंगी।

शिलाओं को उनके बनने की रीति के अनुसार साधारणतः तीन बड़े वर्गो में बांटा जा सकता है :

1. अवसादीय शिला या तलहटी शिला (सेडिमेण्टरी रॉक्स) नदियों द्वारा लाए गए कीचड और तलहट से पानी के बीच बनी थी। ये शिलाएं बहुधा परतदार होती हैं। शेल और चूनापत्थर इसके उदाहरण हैं।

2. आग्नेय शिला या मैग्मज शिला (इग्नीयस रॉक्स) पिघले पदार्थों के ठण्डे होने पर बनी थी। लावा, स्फटिक (क्वार्ट्ज़) और अभ्रक आग्नेय शिलाओं के अच्छे उदाहरण हैं।

3. कायान्तरित शिला (मेटामार्फिक रॉक्स) उच्च ताप और अत्यधिक ताप होने पर अवसादीय शैलों तथा आग्नेय शिलाओं से बनी थी। इस प्रकार की शिलाओं के उदाहरण चूनापत्थर से बना संगमरमर और शेल से बनी स्लेट है।

क. शिलाएं और खनिज

1. शिला-संग्रह बनाना

अगर प्रत्येक छात्र से शिला का एक टुकड़ा लाने को कहा जाए तो आसपास में पाई जाने वाली साधारण शिलाओं का एक संग्रह बनाया जा सकता है। छात्रों को समझा दीजिए कि सब शिलाओं का नाम जानना आवश्यक नही। एक तरह के नमूनों को अलग करके एक मेज पर एक साथ रख दीजिए। संगृहीत शिलाओं को उनकी आकृति, रंग तथा अन्य लक्षणों के अनुसार वर्गो में विभाजित करिए। शिलाओं का वर्गीकरण करने के लिए अधिक-से-अधिक रीतियां खोज निकालिए।

2. किसी एक शिला का अध्ययन

एक अकेली शिला को चुन लीजिए और सावधानी से उसका निरीक्षण करते हुए उसके बारे में

अधिक-से-अधिक जानकारी प्राप्त करने की चेष्टा कीजिए। अगर उसका आकार चपटा है तो सम्भवतः वह किसी अवसादी सरचना का एक टुकड़ा या परत है। ये शिलाएं आज से लाखों वर्ष पहले नीचे बैठे अवसादों के कड़े हो जाने से बनी थी। यदि किसी शिला को देख कर यह जान पड़े कि वह बालू के महीन कणों को, मानो सीमेंट द्वारा जोड़ने से बनी है तो वह सम्भवतः बलुआ पत्थर (सैण्डस्टोन) है। यदि उसमें कुछ बड़े गोलाकार या अण्डाकार रोड़े हैं तो वह सम्भवतः एक अन्य अवसादी शिला है, जिसे मिश्रपिंडाश्म (कंग्लॉमरिट) कहते हैं। यदि शिला कुछ गोल दिखाई पड़े तो यह सम्भवतः जल के प्रवाह का परिणाम है। प्रवर्धक लैन्स से शिला की जांच करिए। यदि उसमें छोटे कण और स्फाट (क्रिस्टल्स) हैं तो वह ग्रेनाइट-सम शिला है और सम्भवतः उसे बहुत पहले किसी शक्ति ने पृथ्वी के गहरे गर्भ से ऊपर फेंक दिया था। इस प्रकार कई शिलाओं का सावधानीपूर्वक निरीक्षण करने से छात्रों में अन्य शिलाओं का संग्रह करने और उनका अध्ययन करने के लिए उत्सुकता बढ़ेगी।

3. निजी शिला-संग्रह बनाना

विद्यार्थियों को उत्साहित करना चाहिए कि वे अपना निजी शिला-संग्रह बनाएं। इन संग्रहों को गत्ते के छोटे बक्सों अथवा सिगार के बक्सों में रखा जा सकता है। बक्सों में विभाजन पट्टियां लगा देनी चाहिए। विद्यार्थी अपने संग्रह की शिलाओं को पहचान ले तो उसे चाहिए कि वह प्रत्येक शिला पर कागज के छोटे-छोटे लेबल या चिपकने वाले फीते के टुकड़े चिपका दे। प्रत्येक शिला पर एक संख्या डाल देनी चाहिए और बक्स के ढक्कन पर एक तालिका चिपका देनी चाहिए। संग्रह को सीमित ही रखना अच्छा है। छात्रों को उत्साहित करना चाहिए कि जो नमूने उनके पास आवश्यकता से अधिक हों, वे दूसरे छात्रों को देकर उसके बदले में उनसे नमूने ले ले जो उनके पास न हों, और इस त संग्रह को पूर्ण बनाएं।

4. टूटी हुई शिला का अध्ययन

शिलाओं के कई नमूनों को बीच से तोड़ कर दो टुकड़े कर दीजिए। ताजा तोड़ी गई सतहों की तुलना शिला की बाहरी छीजी हुई सतह से करिए। शिलाओं को अधिक टूट-फूट से बचाने के लिए उन्हें कपड़े में लपेट कर और किसी बड़े पत्थर पर रख कर हथौड़े से जोर से ठोंकना चाहिए। कपड़ा लिपटे रहने के कारण छोटे टुकड़े छटक नहीं पाते।

5. चूनापत्थर की पहचान

यह देखने के लिए शिलाओं के नमूनों की परीक्षा की जा सकती है कि उनमें कोई चूनापत्थर है या नहीं। इसके लिए उन पर नीबू का रस, सिरका अथवा अन्य कोई तनु अम्ल (डाइल्यूट एसिड) गिराइए। यदि उनमें से कोई चूने का पत्थर होगा तो अम्ल पड़ने पर वह बुदबुदाने लगेगा और उसमे बुलबुले उठेंगे। यह बुदबुदाना कार्बन डाइ-आक्साइड गैस के कारण उत्पन्न होता है, जो अम्ल के सम्पर्क में आने के कारण चूना-पत्थर से निकलती है। संगमरमर पर भी, चूना-पत्थर से बनी आग्नेय शिला होने के कारण, यह परीक्षण किया जा सकता है।

6. प्रवर्धक लैन्स की सहायता से टूटी शिलाओं का अध्ययन

ताजा तोड़ी शिला का अध्ययन प्रवर्धक लैन्स से करिए और उसमें विभिन्न खनिजों के स्फाटों (क्रिस्टल्स) को ढूंढ़ने की चेष्टा करिए। विविध खनिजों के स्फाट आकार, आकृति और रंग में विभिन्न होंगे।

7. प्रवर्धक लैन्स की सहायता से बालू का परीक्षण

थोड़ी-सी बालू की परीक्षा प्रवर्धक लैन्स अथवा, यदि [illegible] उपलब्ध हो तो उसकी

है। बहुधा अन्य खनिजों के स्फाट भी बालू में पाए जाते है। उन्हें प्राप्त करने का प्रयत्न करिए।

8. 'शिला' और 'खनिज' का शब्दार्थ

जो नमूने आपने एकत्रित किए हैं, उनका अध्ययन करिए और उनसे इन दोनों शब्दों का अर्थ ज्ञात करिए। शिला एक ऐसा खनिज पदार्थ है जो पृथ्वी पर बड़ी मात्रा मे पाया जाता है। अधिकांश शिलाएं कई खनिजों का मिश्रण होती है, यद्यपि कुछ शिलाएं ऐसी भी होती हैं जिनमें केवल एक ही खनिज रहता है। खनिज एक ऐसा पदार्थ है जो पृथ्वी मे प्राकृतिक रीति से मिलता है, जिसकी रासायनिक संरचना निश्चित है और जिसमें विशिष्ट और लाक्षणिक गुणों का एक विशेष संयोग रहता है।

9. किसी खदान का निरीक्षण

खदान को शिक्षक पहले ही देख आए। देखिए कि शिला कैसे निकाली जाती है। यदि शिला अवसादी (सेडिमेण्टरी) है तो उसकी परतों को देखिए। शिलाओं के नमूने इकट्ठे करिए और उन्हे कक्षा में अध्ययन के लिए ले जाइए। पौधों या जीवों के जीवाश्मों (फासिल्स) का पता लगाइए। उन क्षेत्रों में भी छात्रों को ले जाने की योजना बनाई जा सकती है जहां किसी शिला को तोड़ा गया हो या जहा पास में कोई कोयले की खान हो।

10. शिलाओं और खनिजों के नमूनों को आरोपित करना

पेरिस प्लास्टर का आधार (बेस) बना कर संग्रह की जाने वाली शिलाओं और खनिजो के नमूनों को उसमे सफाई स आरोपित किया जा सकता है। प्लास्टर के सफेद चूर्ण को पानी में फेंट कर गाढ़ा मिश्रण बनाना चाहिए। इस मिश्रण को किसी टीन के डिब्बे के ढक्कन में भरिए जो लगभग 1 सेटीमीटर गहरा हो। भरने से पहले ढक्कन के भीतर मोमी कागज का अस्तर लगा देना चाहिए या उसमें वसा (या वैसलिन) चुपड़ देनी चाहिए। प्लास्टर कड़ा होने के पहले ही शिला या खनिज के छोटे नमू को उसमे इतना धसा देना चाहिए कि उसके निकलने का डर न रहे, परन्तु इतना भी धंसा न रहे कि वह अच्छी तरह दिखाई भी न पडे। फिर सफेद आधार पर पदार्थ का नाम सुन्दर अक्षरों मे लिखा जा सकता है और अन्त मे आधार पर चमड़े की स्वच्छ पालिश या वार्निश लगाई जा सकती है।

ख. कृत्रिम शिलाएं

1. सीमेंट और कंक्रीट

पोर्टलैण्ड सीमेंट (मकान बनाने में काम आने वाला सीमेंट) से भरी एक छोटी बोरी लाइए। छात्रों से कहिए कि वे उसे पानी में मिलाएं और उसे टीन के डिब्बो के ढक्कनों, कागज के चोगो या दफ्ती के छोटे बक्सो में भर दें। जब वह कड़ा हो जाए तो उसके रंग-रूप और गुण-धर्मों का अध्ययन करिए। एक टुकड़ा तोड़िए और उसका अध्ययन करिए। सूखे सीमेंट को दुगुनी बालू या बजरी के साथ मिलाइए। इससे कंक्रीट बनेगा। इसमें पानी मिला कर उसे अच्छी तरह सानिए और सांचों में डाल दीजिए। कड़ा होने के लिए इसे कई दिनों तक छोड़ दीजिए और फिर इन नमूनों के रंग-रूप और लक्षणों का अध्ययन कीजिए।

2. पेरिस प्लास्टर

थोड़ा-सा पेरिस प्लास्टर (प्लास्टर आव पेरिस) लीजिए और उसमें से कुछ को पानी में मिलाइए। इसे तेजी से मिलाना चाहिए अन्यथा मिलाते समय ही यह कड़ा हो जाएगा। मिश्रण को सांचो में रख दीजिए और खूब कड़ा होने तक पड़ा रहने दीजिए। नमूनो के रंग-रूप और गुण-धर्मों का अध्ययन करिए।

3. गृह-निर्माण में काम आने वाली सामग्री का संग्रह

अपने नगर या ग्राम में गृह-निर्माण में काम

आने वाली जितने भी प्रकार की शिलाएं या खनिज मिलें, उनके नमूनों का संग्रह करिए—उदाहरणार्थ संगमरमर, ग्रेनाइट, स्लेट, चूनापत्थर, ईंट, सीमेंट, प्लास्टर (बलुआ पत्थर, लाल पत्थर), इत्यादि। इन पर सही लेबल लगाइए और अपने संग्रह में रख लीजिए।

ग. तत्व और मिश्रण

1. तत्वों का संग्रह

तत्वों की एक सारणी लीजिए और उनमें से जितने भी तत्व आपको मिल सकें, उनका संग्रह करिए। निम्नलिखित के नमूने तो आपको मिल ही जाने चाहिए: लोहा, अलमीनियम, जस्ता, रांगा, तांबा, सीसा (धातु), सोना, चांदी, पारा, गन्धक। देखिए परिशिष्ट -ग।

2. साधारण रासायनिक मिश्रणों का संग्रह

जितने भी रासायनिक मिश्रणों के नमूनों का संग्रह आप कर सकें, करिए। निम्नलिखित को अवश्य प्राप्त करिए: नमक, चीनी, स्टार्च, सोडा (सोडियम कार्बोनेट) तूतिया, (कापर सल्फेट), ब्लीचिंग पाउडर, पेरिस प्लास्टर, रबड़, ऊन, रूई, इत्यादि।

घ. ज्वालामुखी की प्रतिकृति (मॉडल) बनाना

रासायनिक पदार्थ बेचने वाली किसी कम्पनी से 500 ग्राम अमोनियम बाइक्रोमेट, 125 ग्राम मग्नीशियम पाउडर और 30 ग्राम मैग्नीशियम फीता लीजिए। सब सामग्री का कुल खर्च लगभग 15 रुपये होगा और इससे 30 या 40 ज्वालामुखीय स्फोट दिखाए जा सकते हैं।

बच्चों को थोड़ी साधारण चिकनी मिट्टी इकट्ठी करने के लिए कहिए। किसी पटरे से आधार का काम लीजिए और उस पर मिट्टी से ज्वालामुखीय शंकु (कोन) बनाइए, जो लगभग 30 सेंटीमीटर ऊंचा हो और जड़ पर 60 सेंटीमीटर व्यास का हो। शंकु की नोक में 5 से 7 सेंटीमीटर की गहराई तक झाड़ू की एक सींक धंसा दीजिए।

कागज के एक टुकड़े पर इतना अमोनियम बाइक्रोमेट डालिए कि शंकु का गड्ढा दो बार भर उठे। इसके स्फाटों को पीसिए नहीं। इसकी कंकड़ियां ही अधिक अच्छा काम देती हैं। बाइक्रोमेट के स्फाटों में थोड़ा-सा मैग्नीशियम पाउडर डाल दीजिए और दोनों को पेंसिल से सावधानी से मिला दीजिए।

इस मिश्रण का लगभग आधा भाग ज्वालामुखी के मुख में डाल दीजिए। मैग्नीशियम के फीते से 7.5 सेंटीमीटर का एक लम्बा टुकड़ा काट लीजिए और उसके एक सिरे को पलीते की तरह बाहर निकला रहने दीजिए। मैग्नीशियम के फीते में दियासलाई से आग लगा दीजिए और पीछे हट जाइए। यदि पहली बार ही विस्फोट नहीं होता तो कुछ क्षण ठहरिए। दूसरा पलीता लगाइए और फिर चेष्टा करिए। जब विस्फोट तो हो जाए परन्तु ज्वालामुखी में बचा पदार्थ गरम ही रहे तो शेष मिश्रण को भी उंडेल दीजिए और तब दूसरा विस्फोट होगा।

ङ. मिटटी

1. मिट्टियों की किस्में

जितने अधिक स्थानों से मिट्टियों के नमूने ले सकें, लीजिए और उनको शीशे के बरतनों में रख दीजिए। बलुई मिट्टी, दोमट मिट्टी (लोम), चिकनी मिट्टी या मृत्तिका (क्ले), और सड़ी-गली पत्तियों आदि से भरपूर मिट्टी के नमूने प्राप्त करने की चेष्टा करिए। छात्रों से इन मिट्टियों का अध्ययन कराइए और प्रत्येक नमूने से थोड़ा-सा निकाल कर प्रवर्धक लैन्स की सहायता से भी निरीक्षण कीजिए।

2. मिट्टी के कणों में विभिन्नताएं

कांच के कुछ ऐसे बरतन लीजिए जिनमें आधा गैलन या दो लिटर पानी आ सके। एक बरतन में कई मुट्ठी मिट्टी डाल दीजिए। इस बरतन को पानी से भर दीजिए और तब मिट्टी को पानी में खूब घोलिए। बरतन को कई घंटे तक पड़ा रहने दीजिए।

सबसे भारी कण पहले बैठेंगे और सबसे हल्के कण अन्त में । जब मिट्टी बैठ जाए तो मिट्टी के कणों की नाप के क्रम में अनेक तहें बनी रहेंगी । ऊपर के पानी को रबड़ की नलिका से साइफन करके निकाल दीजिए । फिर प्रत्येक तह से नमूना लीजिए और प्रवर्धक लैन्स की सहायता से उसकी जांच करिए।

3. यह दिखाना कि मिट्टी में हवा होती है

किसी शीशे के बरतन या बोतल में थोड़ी-सी मिट्टी रखिए और उस पर धीरे-धीरे पानी छोड़िए । आप पानी में मिट्टी से उठ कर आते हुए बुलबुले देखेंगे ।

4. यह दिखाना कि शिलाओं से मिट्टी कैसे बनती है

कांच के किसी टुकड़े को किसी ज्वाला (या आग) में सावधानी से गरम करिए और तब उसे एकाएक पानी में डुबा दीजिए । एकाएक ठण्डा होने से कांच भीतर-बाहर समान रूप से नहीं सिकुड़ता और इसीलिए वह चटक जाता है । कुछ शिलाओं को आग में डाल कर खूब गरम करके उन पर पानी डाल दीजिए । गरम करते समय और ठण्डा करते समय—दोनों बार ही—पत्थर बहुधा चटक जाते हैं । मिट्टी बनने में जो-जो अवस्थाएं आती हैं, उनमें तापों की विभिन्नता के कारण शिलाओं का टूटना भी एक है ।

5. नदियों को कौन-सी वस्तु मटमैला कर देती है

जब कभी पानी जोर से बरसे तो छात्रों से कहिए कि वे कांच के बरतनों में बहते हुए मटमैले पानी के नमूने ले लें । पानी को कई घंटों तक थिरने दीजिए । जब सब तलछट बैठ जाए तब छात्र उसका परीक्षण करें ।

6. शिलाओं से मिट्टी बनाना

कक्षा में आसपास से कुछ नरम शिलाएं, जैसे शेल या छीजा हुआ चूनापत्थर लीजिए । छात्रों से कहिए कि उसे चूर-चूर करें और बारीक पीस डालें ।

7. उगती हुई वनस्पतियों पर मिट्टी का प्रभाव

फूल या सब्ज़ी के खेत की उपजाऊ मिट्टी, जंगल की मिट्टी, उस स्थान की मिट्टी जहां कोई गहरी नींव या तहखाना खोदा जा रहा हो, बलुए स्थान की मिट्टी, नदी के किनारे की चिकनी मिट्टी, आदि के नमूने लाइए । इन नमूनों को अलग-अलग गमलों या कांच के बरतनों में रख दीजिए । हर प्रकार की मिट्टी में बीज बोइए और प्रत्येक को बराबर मात्रा में पानी दीजिए । देखिए कि किस प्रकार की मिट्टी में बीज शीघ्र अंकुरित होते हैं । जब पौधे बढ़ने लगें तब देखिए कि मिट्टी के किस नमूने में वे अधिक अच्छा उगते हैं ।

8. यह दिखाना कि मिट्टी में पानी हो सकता है

काच की पतली रकाबी में थोड़ी-सी मिट्टी रखिए और छोटी-सी लौ पर उसे सावधानी से गरम करिए । रकाबी को कांच के ठण्डे बरतन से ढक दीजिए और तब आप देखेंगे कि बरतन के ठण्डे पार्श्वों पर जल संघनित हो जाता है ।

9. ऊपरी सतह और अवभूमि की मिट्टियों की उर्वरता में पाए जाने वाले अन्तर का अध्ययन

फल या सब्जी के खेत की ऊपरी सतह की मिट्टी लीजिए । फिर लगभग 50 सेंटीमीटर की गहराई से मिट्टी का दूसरा नमूना लीजिए । इन नमूनों को अलग-अलग गमलों में रखिए और प्रत्येक में बीज बोइए । प्रत्येक नमूने में बराबर पानी दीजिए, बराबर ही ताप रखिए और उन पर बराबर ही प्रकाश पड़ने दीजिए । देखिए कि किस मिट्टी से अधिक स्वस्थ पौधे उत्पन्न होते हैं ।

10. यह दिखाना कि फली वाले पौधों की जड़ों पर नाइट्रोजन स्थिर करने वाले जीवाणुओं की ग्रन्थियां होती हैं

कुछ फली वाले पौधों, जैसे क्लोवर, ऐल्फेल्फा, सोयाबीन, लोबिया, चना, सेम, बोड़ा आदि को खुरपी से सावधानीपूर्वक खोद कर बाहर निकालिए । उनकी जड़ों में जो मिट्टी लगी हो, उसे पानी से धोकर दूर करिए । जड़ों पर

छोटी-छोटी गांठें दिखाई देंगी । इन गांठों के भीतर नाइट्रोजन स्थिर करने वाले जीवाणु होते हैं । ये जीवाणु हवा से नाइट्रोजन लेकर उसे ऐसा परिवर्तित कर देते हैं कि पौधे उसे मिट्टी से ले सकें ।

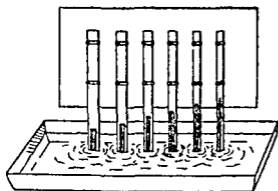
11. यह दिखाना कि केशिकत्व (कैपिलैरिटी) पानी को कैसे खींच लेता है

किसी कम गहरी तश्तरी में कुछ पानी रख कर उसे रंगीन स्याही से रंगीन कर दीजिए और पानी की सतह से सोख्ते का स्पर्श कराइए । देखिए कि पानी सोख्ते में किस प्रकार चढ़ता है ।

मिट्टी के एक डले से पानी को स्पर्श करिए और देखिए कि पानी किस प्रकार ऊपर उठता है ।

पानी में कपड़े की बत्ती डाल कर भी देखिए ।

12. यह दिखाना कि पतली नलिकाओं में पानी कैसे चढ़ता है

शीशे की एक नलिका को लौ में गरम करिए और उसे खींच कर एक पतली नलिका या केशिका नली बनाइए । इस नलिका के टुकड़े कर डालिए और टुकड़ों को गत्ते पर चिपका दीजिए, नलिकाएं गत्ते की कोर से लगभग 5 सेंटीमीटर नीचे की ओर निकली रहें । नलिकाओं के इन सिरों को रंगीन पानी में डुबा दीजिए और देखिए कि केशिकत्व आकर्षण से पानी किस प्रकार ऊपर चढ़ता जाता है ।

13. यह दिखाना कि विविध प्रकार की मिट्टियों में पानी कैसे चढ़ता है ?

लैम्प की कुछ सीधी चिमनियां लीजिए और प्रत्येक के सिरे के ऊपर एक कपड़ा बांध दीजिए। अलग-अलग चिमनी में 15 सेंटीमीटर तक अलग-अलग प्रकार की मिट्टी डाल दीजिए, जैसे बालू, दोमट मिट्टी, महीन बजरी, चिकनी मिट्टी, इत्यादि । इसके बाद इन चिमनियों को थाल में खड़ा कर दीजिए, जिसमें लगभग 3 सेंटीमीटर पानी हो । देखिए कि किस प्रकार की मिट्टी में पानी केशिकत्व के कारण सबसे ऊपर चढ़ता है ।

14. यह दिखाना कि कौन-सी मिट्टी पानी को अधिक ग्रहण करती है

कई लैम्प-चिमनियां लीजिए और प्रत्येक के एक सिरे के ऊपर कपड़ा बांध दीजिए और तब प्रत्येक में ऊपर से 8 सेंटीमीटर छोड़ कर शेष भाग में किसी एक प्रकार की मिट्टी भर दीजिए जैसे बालू, चिकनी मिट्टी, लोम और जंगल की मिट्टी । प्रत्येक चिमनी के नीचे एक तश्तरी रख दीजिए ताकि चिमनी से जो पानी गिरे, वह उस तश्तरी में गिरे । फिर प्रत्येक चिमनी में नाप कर इतना पानी छोड़िए कि कुछ पानी नीचे से बह चले । देखिए कि किस प्रकार की मिट्टी में पानी बिना बहे अधिक मात्रा में छोड़ा जा सकता है ।

15. पोली मिट्टी पर वर्षा का प्रभाव

टीन का एक डिब्बा लीजिए और उसकी पेंदी में हथौड़े और महीन कील से छेद करके पानी छिड़कने का हजारा बनाइए । कई गमलों या डिब्बों में पोली मिट्टी इस मात्रा में भरिए कि वह गमले के ऊपर तक बराबर आ जाए । कुछेक सिक्कों, या लेमन की बोतलों के टीन वाले ढक्कनों को मिट्टी की सतह पर रखिए । प्रत्येक गमले को एक थाली में रखिए और उस पर हजारे से पानी छिड़किए। हजारे से छिड़का हुआ पानी बरसते हुए पानी के समान होता है । पहले हल्का छिड़काव करिए और यह देखिए कि मिट्टी पर हल्की वर्षा का क्या प्रभाव होता है । छिड़काव जारी रखिए ताकि आप भारी वर्षा के प्रभाव को भी जान सकें। देखिए कि किस प्रकार अरक्षित मिट्टी छीटों के साथ बह

जाती है और फिर सिक्कों और ढक्कनों के नीचे मिट्टी के स्तम्भ बने रह जाते हैं।

सूखी मिट्टी हल्की वर्षा का प्रभाव भारी वर्षा का प्रभाव

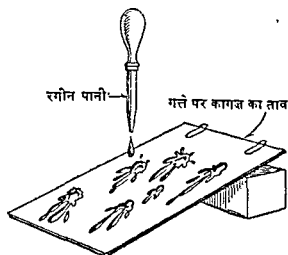
16. ढाल की मिट्टी पर वर्षा का प्रभाव

किसी कम गहरी थाली या ऐसे ही बक्स में कस कर मिट्टी भरिए। थाली को बाहर वर्षा में इस प्रकार रख दीजिए कि वह एक ओर उठी रहे। देखिए कि किस प्रकार पानी की बूंदे नीचे वाले सिरे की ओर मिट्टी को बहा ले जाती है। यह प्रयोग वर्षा के बदले हजारे के उपयोग से घर पर भी किया जा सकता है।

17. मिट्टी पर वर्षा की बूंदों के गिरने का प्रभाव दिखाना

एक तश्तरी अथवा किसी डिब्बे के ढक्कन में मिट्टी भरिए और उसे सफेद कागज पर रख दीजिए। दवा टपकाने वाली नलिका में पानी भर लीजिए और उसे मिट्टी से लगभग एक मीटर ऊपर ले जाकर बूंद-बूंद करके टपकाइए और देखिए कि कितनी मिट्टी छटक कर कागज़ पर जा पड़ती है। फिर साफ कागज़ का एक दूसरा ताव तश्तरी के नीचे रखिए और बूंद-बूंद करके मिट्टी पर पानी टपकाइए, परन्तु अब की बार बूदों के मार्ग में कोई अवरोध, जैसे पेंसिल डाल दीजिए, जिससे बूदों का बल टूट जाए। क्या पौधे मिट्टी का अपक्षरण इसी प्रकार करते है ?

18. वर्षा की बूंदें मिट्टी पर भिन्न-भिन्न प्रभाव कैसे डालती है ?

सफेद कागज़ के एक ताव को कागज पकड़ने वाली क्लिपों से किसी गत्ते पर स्थिर करिए और उसे फर्श पर सपाट रख दीजिए। दवा टपकाने वाली नलिका स उस पर रंगीन पानी टपकाइए। छींटों का परिणाम और आकृति देखिए। प्रयोग को दोहराइए परन्तु अब की बार गत्ते के एक किनारे को उसके नीचे कुछ रख कर, कुछ उठा दीजिए। ध्यान से देखिए कि पानी को विभिन्न ऊंचाइयों से गिराने में, गत्ते की ढाल को कम-अधिक करने और बूंदों को छोटी-बड़ी करने का क्या प्रभाव होता है। प्रयोग की क्रिया-विधि में अनेक परिवर्तन करिए और परिणाम देखिए। यदि हर प्रयोग में नया कागज और नए-नए रंग लिए जाएं तो इन प्रयोगो का एक लेखा बनाना वांछनीय रहेगा।

19. ऊपरी सतह की मिट्टी पर वर्षा-जल का प्रभाव

एक गमले में दोमट मिट्टी या बालू भरिए। नल की टोंटी को इतना खोलिए कि पानी बूंद-बूंद करके टपके। गमले को घंटे भर या अधिक समय तक के लिए उसके नीचे रख दीजिए। देखिए कि गिरती हुई बूंदों के कारण चिकनी मिट्टी और अकार्बनिक (इनार्गेनिक) पदार्थ ऊपरी सतह से किस प्रकार हट जाते है।

20. भूमि की अरक्षित सतहों पर वर्षा का प्रभाव

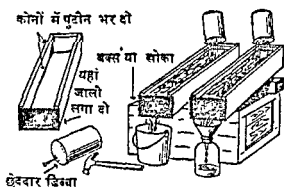
किसी बक्स या चौड़े थाल में बालू और मृत्तिका की एक ढेरी बनाइए। ढेरी के ऊपरी हिस्से पर हजारे से हल्के-हल्के पानी छिड़किए। यह देखिए कि पानी अपने साथ शिला-कणों को किस प्रकार बहा ले जाता है और उन्हें किस प्रकार ढेरी के निचले तल पर निक्षिप्त (जमा) कर देता है।

21. बहता हुआ पानी मिट्टी कैसे बहा ले जाता है ?

नीचे दिए गए चित्र के अनुसार दो ट्रे बनाइए। ट्रे के जोड़ों में पुटीन भर दीजिए। इससे पानी बाहर नही निकलेगा। जो पानी ऊपर से वह कर बाहर गिरे, उसे इकट्ठा करने के लिए बाल्टी अथवा बोतल और कीप का उपयोग किया जा सकता है।

(क) एक ट्रे में पोली मिट्टी भरिए और दूसरी में कूट कर दबाई हुई मिट्टी। दोनों ट्रेओं को कुछ तिरछा करके रखिए और प्रत्येक पर बराबर मात्रा में पानी छिड़किए। देखिए कि कौन-सी मिट्टी अधिक शीघ्र वहती है और बह कर निकला हुआ पानी किस प्रकार का है।

(ख) दोनों ट्रेओं में मिट्टी भर दीजिए परन्तु एक में तृणी ढेले (घास लगे हुए मिट्टी के ढेले) भर दीजिए। दोनों में पहले की तरह पानी डालिए और अपक्षरण तथा बह कर निकलने वाले पानी की जांच करिए।

(ग) दोनों ट्रेओं में मिट्टी भरिए परन्तु एक को अधिक ढलुआ रखिए। पहले की तरह पानी डालिए और देखिए।

22. ऊपरी मिट्टी का अपक्षरण कैसे रोकें ?

ऊपर के प्रयोग के लिए जो ट्रे बनाई गई थीं, उनका उपयोग करिए।

(क) दोनों ट्रेओं में पोली मिट्टी भरिए 3 प्रत्येक को एक जैसा ढालू करके रखिए। ि छड़ से एक में ट्रे के अनुदिश (लम्बाई की दि में) और दूसरी में उसके अनुप्रस्थ (चौड़ाई दिशा में) खूड़ (हल रेखाएं) बनाइए अ एक में खड़ी तथा दूसरी में वेंड़ी गहरी रेख बनाइए। प्रत्येक पर बराबर पानी छिड़कि दोनों स्थितियों में होने वाले अपक्षरण और बह निकले पानी की जांच करिए।

(ख) ट्रेओं को फिर पोली मिट्टी से भरि उन पर इतना पानी छिड़किए कि पानी नालि बना कर बहने लगे। अब एक ट्रे की नालियों जगह-जगह छोटे पत्थर तथा छोटी टहनि रख कर पानी के बहने का मार्ग रोकिए। ि पानी से सींचिए और देखिए कि नालियों रोकने का क्या परिणाम होता है।

23. अपक्षरण का अध्ययन करने के लिए क्षे भ्रमण

आसपास में किसी ऐसे स्थान का पता लगाइ जहां पानी ने बह कर नालियां काट कर हा पहुंचाई हो। इस अपक्षरण के अध्ययन के लि सभी छात्रों को वहां ले जाइए। ऐसा क हुआ ? यह किस प्रकार रोका जा सकता था क्या अब भी कुछ किया जा सकता है ?

24. पाठशाला की भूमि का परीक्षण

प्राय: सभी पाठशालाओं के मैदानों में कहं न-कहीं ऐसा स्थान होगा जहां बहते पानी क्षति पहुचाई हो। छात्रों को प्रेरित करिए वि वे एक योजना बना कर यह निर्णय करें वि अपक्षरण को किस उपाय से रोका जाए औ तब उन्हें अपनी योजना को क्रियान्वित कर दीजिए।

च. जीवाश्म (फॉसिल्स)

1. जीवाश्म कहां मिल सकते हैं ?

कहीं-कही पत्थर में या ऐसे स्थानों में, जहां भूमि में शिलाएं उभरी हुई हों, जीवाश्म पाए जा सकते हैं। किसी ऐसे व्यक्ति से मिलने का प्रयत्न करिए जो जीवाश्मों के बारे में जानता हो और तब कक्षा के साथ जीवाश्म पाए जाने

वाले क्षेत्र में जाने और जीवाश्म एकत्र करने की योजना बनाइए ।

नरम या बिटुमिन वाले पत्थर के कोयले के ढोंकों को तोड़ कर उनके दो टुकड़े करने पर बहुधा बीच में जीवाश्म मिलते हैं । ढोंकों को सावधानी से तोड़िए और टूटे तलों का निरीक्षण करिए कि उस पर पत्तियों और पर्णागों (फर्नों) की छाप है या नहीं ।

यदि पास-पड़ोस में जीवाश्म न मिलें तो आपको प्रादेशिक या राष्ट्रीय संग्रहालयों का सहारा लेना पड़ेगा । वे कुछ जीवाश्म आपको भेज सकते हैं । प्रादेशिक या राष्ट्रीय संग्रहालयों (म्यूजियम) को पत्र लिखना शायद लाभदायक सिद्ध हो ।

2. यह देखना कि जीवाश्म कैसे बने

किसी पत्ती में वैसलिन लगाइए और उसे सपाट कांच पर अथवा किसी दूसरी चिकनी सतह पर रखिए । पत्ती के चारों ओर कागज या गत्ते की पट्टी गोलाई में खड़ी करके लगा दीजिए । इस पट्टी की बगल में मूर्ति बनाने की मिट्टी लगाइए ताकि पट्टी मजबूती से खड़ी रहे । अब कुछ पेरिस प्लास्टर को पानी में मिलाइए और उसे पत्ती के ऊपर डाल दीजिए । जब प्लास्टर कड़ा हो जाए तब पत्ती को हटा दीजिए । प्लास्टर पर पत्ती की बढ़िया छाप दिखाई पड़ेगी । कुछ जीवाश्म इसी प्रकार बने—उनके ऊपर मिट्टी की परत पड़ती गई और बाद में वह कड़ी होकर अवसादी शिला में परिवर्तित हो गई । इस प्रयोग को फिर से करिए परन्तु छाप के लिए पत्ती के बदले वैसलिन लगी सीपी या घोंघे का उपयोग करिए ।

3. जीवाश्मों को आरोपित करना

यदि आप ऐसे स्थान में रहते हैं जहां जीवाश्म बहुत मिलते हैं तो पाठशाला-संग्रहालय के लिए छात्रों से जीवाश्म-संग्रह बनवाना रोचक होगा ।

जीवाश्मों को पेरिस प्लास्टर में सफाई से उसी ढंग से आरोपित किया जा सकता है जो इस अध्याय के खण्ड क-10 में शिलाओं और खनिजों के आरोपण के लिए बताया गया था ।

अध्याय—6

ज्योतिष का अध्ययन करने के लिए प्रयोग और सामग्री

छोटी कक्षाओं के छात्रों तथा सामान्य विज्ञान का अध्ययन करने वाले तरुण बालकों के लिए ज्योतिष सदैव एक रोचक विषय रहा है। कई स्थानों में ज्योतिष की आधारभूत कल्पनाएं वर्णनात्मक ढंग से सिखाई जाती हैं—अर्थात् बच्चे उनके बारे में केवल पढ़ या सुन लेते हैं। इस अध्याय में कई-एक प्रयोग सुझाए गए है, जिनसे शिक्षक पूर्वोक्त कल्पनाओं में से कुछ को प्रेक्षण तथा प्रयोग से विस्तारपूर्वक प्रदर्शित कर सकेगा।

इस अध्याय में प्रयोगों का क्रम ऐसा नही रखा गया है कि कठिन प्रयोग बाद में हों। अच्छा यह होगा कि शिक्षक उन प्रयोगों को चुन ले जो पाठ्य-विषय के लिए सबसे अधिक उपयुक्त जान पड़ें।

क. तारों का प्रेक्षण करना

1. सरल वर्तन-दूरदर्शी बनाना

सरल दूरदर्शी बनाने के लिए गत्ते की दो ऐसी नलिकाओं की आवश्यकता पड़ेगी कि एक दूसरी के भीतर ठीक-ठीक आ जाए।

यदि अच्छे लैन्स उपलब्ध न हों तो दूरदर्शी सन्तोषजनक नही बनेगा। जिन लोगों ने ज्योतिष सम्बन्धी प्रयोग पहले-पहल किए थे, उनको इस तथ्य का अनुभव शीघ्र ही हो गया था।

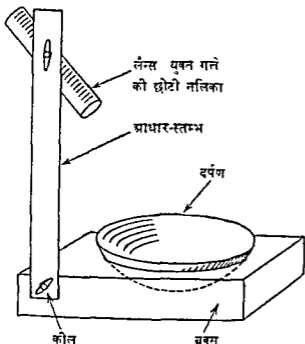
सूत-परीक्षक लन्स (लिनेन टेस्टर) (कभी-कभी डाक-टिकट-प्रवर्धक लैन्स भी) अवर्णक होते है अर्थात् उन्हे वर्ण-विपथन की दृष्टि से संशोधित किया जाता है। यदि लैन्स का संगमान्तर (फोकल लेंग्थ) 2 या 3 सेंटीमीटर हो तो उसे किसी छेद वाले काग मे लगाने पर एक अच्छा अभिनेत्र-लैन्स (आइ-पीस) बनाया जा सकता है।

यह भी महत्वपूर्ण है कि अभिदृश्य कांच अवर्णक हो। तभी ठीक-ठीक परिणाम प्राप्त किए जा सकते हैं। यदि इस प्रकार का लैन्स मिल सके और उसका संगमान्तर भी 25 से 30 सेंटीमीटर का हो तो उसे एक बड़े व्यास वाली नलिका में प्लास्टिसीन से मजबूती से लगा देना चाहिए। दोनों लैन्सो के अक्ष को एक ही सरल रेखा मे लाने के लिए कुछ बैठ-बिठाव करना पड़ता है (अर्थात् दोनो ताल उनके केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा पर लम्ब हो जाएं)। जब दोनों को ठीक ढंग से बिठा दिया जाए तो एक नलिका को दूसरी के भीतर आगे-पीछे चला कर फोकस (अर्थात् प्रतिबिम्ब की तीक्ष्णता) को ठीक कर लीजिए। आपका यह यन्त्र गैलीलियो के उस यन्त्र से भी अच्छा है जिससे उसने अपने सारे आविष्कार किए थे।

इस उपकरण के द्वारा बृहस्पति के उपग्रह (चन्द्रमा) सुगमता से दिखाई पड़ेंगे परन्तु (सम्भवतः) शनि वलय न दिखाई पड़ें (बूढ़े व्यक्तियों के चश्मे के लैन्सों पर वैज्ञानिक सामान की दुकान से खरीदे साधारण छोटे लैन्स से बने दूरदर्शी लगाने से भी बृहस्पति के उपग्रह दिखाई पड़ जाते हैं)।

2. सरल परावर्ती दूरदर्शी बनाना

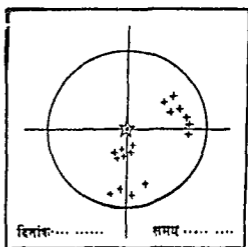
सरल परावर्ती (दर्पण-युक्त) दूरदर्शी किसी मुह देखन वाल दर्पण के अवतर (कानकेव) कांच से बनाया जा सकता है। दर्पण को उपयुक्त

नाप के लकड़ी के बक्स मे इस प्रकार रखा जाता है कि वह विविध कोणों पर तिरछा झुकाया जा सके। लकड़ी का एक आधार-स्तम्भ बना कर बक्स मे इस प्रकार जोड़ा जाता है कि उसका भी कोण बदला जा सके। दो कम सगमान्तर के लैन्सों को कागों मे कस दिया जाता है और उनको गत्ते की छोटी नलिका के सिरो मे लगा दिया जाता है। यह अभिनेत्र-लैन्स का काम देता है। तब इस अभिनेत्र-लैन्स को आधार-स्तम्भ पर ऐसी स्थिति में कस कर लगाया जाता है कि दर्पण की दूरी दर्पण के संगमान्तर के बराबर हो जाए।

3. सूक्ष्म परावर्ती दूरदर्शी बनाना

दर्पण के निर्माण और काच के जटिल ब्यौरों को स्थान देना इस पुस्तक के क्षेत्र के पूर्णतया बाहर है। तो भी, शायद कुछ शिक्षक चाहेगे कि उनके योग्य छात्र एक अच्छा दूरदर्शी बनाए। इस विषय के लिए एक बहुत अच्छी पुस्तक है: 'एमेच्योर टेलिस्कोप मेकिंग'। प्रकाशक है: दि सायंटिफिक अमेरिकन पब्लिशिंग कम्पनी, न्यूयार्क सिटी, न्यूयार्क।

4. प्रमुख तारामण्डलों को पहचानना और तारों का मानचित्र बनाना

इस काम को घर पर ही आसानी से किया जा सकता है। अमावस्या के आसपास का समय इसके लिए सबसे अधिक उपयुक्त है। उस समय चन्द्रमा का प्रकाश इतना तीव्र नहीं होता कि तारो को अच्छी तरह देखने मे कठिनाई पडे। सबसे पहले ध्रुव तारा को पहचानना चाहिए इसके बाद बादामी कागज के एक टुकडे में सूई से छेद करके तारामण्डलो के चित्र बना कर इस कागज को साथ रखना चाहिए। जब इस कागज को किसी प्रकाश की ओर उठा कर देखा जाएगा तो सूई-छिद्र दिखाई पड़ने लगेगे। इस कागज को इतना घुमाना चाहिए कि उसी आकृति का तारामण्डल पहचान में आ जाए। तब अधिक विस्तृत तारा-चित्र, जिसका केन्द्र ध्रुव तारा हो, शीघ्र बनाया जा सकता है।

जब इस प्रकार कुछ तारामण्डलो का ज्ञान हो जाए तब एक चित्र रात्रि के आरम्भ में और एक सोने के समय बनाने से काफी जानकारी बढ़ेगी। तारामण्डलों को पहचानने की एक दूसरी रोचक रीति यह है कि एक श्यामपट्ट बाहर निकाल लिया जाए और तारो को निरूपित करने के लिए उसमे ऐसे बटन खोस दिए जाए जो अन्धेरे मे चमकते रहे।

5. तारा-मार्गों के फोटो खींचना

जिन छात्रों के पास कैमरे है, उनके लिए एक अत्यन्त रोचक काम यह है कि वे तारो के आभासी मार्गों का चित्र खींचें। ये मार्ग पृथ्वी

M14DPD/'62—12

के घूमने के कारण कैमरे में बनते हैं। इसके लिए कोई स्वच्छ किन्तु चन्द्रमा-रहित रात्रि चुनिए और कोई ऐसा स्थान खोज लीजिए जहां से क्षितिज बिना किसी रुकावट के दिखाई पड़ता हो और जहां बाहरी प्रकाश के कारण (जैसे मोटरगाड़ियों की बत्तियां इत्यादि) बाधा न पड़ती हो। कैमरे का मुख यथासम्भव ठीक ध्रुव तारे की ओर कर दीजिए और त्रिपाद पर रख कर अथवा लकड़ी की छोटी दण्डियों से टेक लगा कर, कैमरे को स्थिर कर दीजिए। यदि कैमरा फोकस डालने वाला हो तो लैन्स को अनन्त (इनफिनिटी) पर रखिए (अर्थात् उसे अनन्त दूरी वाले चिह्न से समंजित कीजिए) और लैन्स-छिद्र को पूरा खोल दीजिए। संवारक (शटर) को एक निश्चित काल तक उद्भासित (एक्सपोज) करने के लिए समंजित करिए (अर्थात् उसे उस चिह्न पर रखिए जिस पर रहने से एक बार घोड़ा दबाने पर संवारक खुलता है और दूसरी बार घोड़ा दबाने से बन्द होता है)। जब यह सब तैयारी हो जाए तो संवारक को खोल दीजिए और उसे एक से छः घंटे तक इच्छानुसार खुला रख छोड़िए। संवारक जितनी देर तक खुला रहेगा, तारा-मार्ग उतने ही बड़े होंगे। आकाश-गंगा के तारों के फोटो लेने की चेष्टा करिए।

6. तारामण्डल-घर बनाना

तारादर्शी एक ऐसी सरल युक्ति है, जिसका उपयोग विविध तारामण्डलों की आकृतियां सिखाने में किया जाता है। गत्ते या लकड़ी का एक बक्स लाइए और उसके एक सिरे को अलग कर दीजिए। अब गाढ़े रंग का एक पतला गत्ता लीजिए, जो इतना बड़ा हो कि बक्स के खुले भाग को ढक सके। इन टुकड़ों पर विविध तारामण्डलों की आकृतियां खींचिए। तारामण्डलों में जहां-जहां तारे हों, वहां-वहां गत्ते में सफाई से छेद कर दीजिए। बक्स के भीतर बिजली-बत्ती रखिए। जब बत्ती जलाई जाएगी और गत्ते बक्स के सिरे पर रखे जाएंगे तो तारामण्डल स्पष्ट रूप से दिखाई पड़ेंगे।

एक दूसरी रीति यह है कि टीन के कई डिब्बे लिए जाएं, जिनके भीतर बिजली की बत्ती लगाई जा सके। तारामण्डल के विविध तारों को निरूपित करने के लिए इन डिब्बों की पेंदी में छेद कर दिए जाते हैं। जब किसी डिब्बे में बत्ती रखी जाती है और जलाई जाती है तो छेदों से प्रकाश दिखाई पड़ता है और तारामण्डलों की आकृतियां देखी जा सकती हैं। जंग लगने से बचाने के लिए इन डिब्बों पर रोगन करना चाहिए। तब ये वर्षों चलेंगे।

तारों की चमक के अनुसार छेद छोटे-बड़े रहें, डिब्बे लम्बे रहें और अगर बिजली-बत्ती में से प्रकाश प्रायः एक बिन्दु से निकले (उदाहरणार्थ मोटरकार की हेडलाइट वाली बत्ती) तो छेदों से निकला प्रकाश दीवार या छत पर भी डाला जा सकता है।

7. छाते पर तारा-घर बनाना

छाते की आकृति किसी गोल वस्तु के भीतरी तल की तरह होती है। इसलिए आकाश के विविध भागों को निरूपित करने के लिए छाते के भीतरी भाग का उपयोग किया जा सकता है। कोई एक काफी बड़ा-सा पुराना छाता लीजिए। छाते के भीतर बीचों-बीच खड़िया से ध्रुवतारा बनाइए। किसी तारा-चित्र को देख कर विविध तारामण्डलों को भी स्वस्तिक चिह्नों से बनाइए। ध्रुव के आसपास के सब तारामण्डलों को बना चुकने के बाद आप किसी सफेद कागज से तारे काट-काट कर पूर्व-अंकित स्थानों में चिपका सकते हैं या आप तारों को सफेद रंग से रंग सकते हैं। अन्त में बिन्दुमय रेखाएं खींच कर एक ही तारामण्डल के तारों को सफेद रंग या खड़िया से मिला सकते हैं।

ख. सूर्य और तारे

1. राशिचक्र के तारामण्डलों का मानचित्र

राशिचक्र के तारामण्डल क्रान्तिवृत्त (रवि मार्ग) 16 डिग्री चौड़ी मेखला के रूप में पाए जाते हैं। इस मेखला को 12 खण्डों में बांटा

जाता है। इनमें से प्रत्येक खण्ड आंख पर 30 डिग्री का कोण बनाता है और प्रत्येक मेखला मे एक तारामण्डल रहता है, जिसे 'राशि' कहते हैं।

वर्ष के प्रत्येक मास में पूर्वोक्त राशियों मे से एक राशि सूर्य की पृष्ठभूमि मे रहती है, उदाहरणार्थ 21 मार्च को लगभग सूर्य के पीछे मीन राशि रहती है, एक महीने बाद मेष राशि और इसी प्रकार अन्य राशिया :

वसन्त की राशियां

मार्च	1	मेष
अप्रैल	2	वृष
मई	3	मिथुन

ग्रीष्म की राशियां

जून	4	कर्क
जुलाई	5	सिंह
अगस्त	6	कन्या

शरद (पतझड़) की राशियां

सितम्बर	7	तुला
अक्तूबर	8	वृश्चिक
नवम्बर	9	धनु

हेमन्त (जाड़े) की राशिया

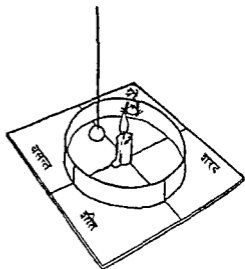
दिसम्बर	10	मकर
जनवरी	11	कुम्भ
फरवरी	12	मीन

यह मानचित्र एक ही नक्शे में उत्तरी आकाश के सब तारामण्डलो को दिखाता है। इसके किनारे पर दिए गए दिनाक बताते है कि आकाश का वह भाग अर्ध-रात्रि को ठीक उत्तर मे कब दिखाई पड़ेगा। परन्तु नक्शे के सब तारे एक साथ ही दिखाई नही पड़ेगे। वे तारे, जो एक साथ दिखाई पड़ेंगे, उस वृत्त के भीतर पड़ेगे जिसका व्यास सारे नक्शे के व्यास के तीन-चौथाई से थोड़ा कम होगा और वह वृत्त नक्शे पर इस प्रकार बनाया जाएगा कि वह नक्शे की परिधि के उस बिन्दु पर स्पर्श करेगा जो अभीष्ट दिनाक के व्यास पर दूसरी ओर होगा। नक्शे का व्यास 11 सेंटीमीटर है। इसलिए अच्छा यह होगा कि पारदर्शक कागज मे 8 सेंटीमीटर व्यास का वृत्त काट लिया जाए। उस पर एक व्यास खीच लिया जाए, जो उत्तर-दक्षिण रेखा बनाएगा।

वृत्त को नक्शे पर पूर्वोक्त स्थिति मे रखा जाए। जो भी व्यास आप खींचे, वह ध्रुव से होकर जाए और अभीष्ट दिनाक की दिशा में रहे। तब वह वृत्त यह बताएगा कि किसी चुने हुए दिन अर्ध-रात्रि के समय कौन-सा क्षेत्र दिखाई पड़ेगा। पारदर्शक

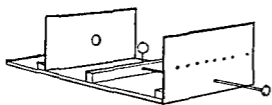
कागज की परिधि और नक्शे की परिधि के बीच कुछ जगह छूट जाएगी और यह देखने में आएगा कि ध्रुवतारा सदा पारदर्शक वृत्त और उसके तत्कालीन उत्तरी किनारे के मध्य में पड़ता है। [यह बात वही सत्य होगी जहां का अक्षांश (लैटिट्यूड) लगभग 45° उत्तर है][1]।

2. एक मॉडल बनाना, जो तारों के बीच सूर्य का दृष्ट मार्ग दिखाए

लगभग 60 सेंटीमीटर लम्बे और 8 सेंटीमीटर चौड़े कागज की पट्टी पर राशियों का चित्र सही क्रम में खींचा जा सकता है। तब कागज के सिरे एक-दूसरे से चिपका दिए जाते हैं, जिससे एक गोल घेरा बन जाता है। राशियां भीतर की ओर रहनी चाहिएं। तब गत्ते की पेंदी पर इस पाश को कोर के बल खड़ा कर दिया जाता है और लगभग 18 सेंटीमीटर के वृत्त में पाश को रख कर उसे गत्ते के ऊपर चिपका दिया जाता है। केन्द्र पर एक छोटी मोमबत्ती रखिए। यह

1. अनुवादक

सूर्य को निरूपित करती है। राशियों से सम्बद्ध ऋतुएं पेंदी पर पाश के बाहर लिख दी जाती हैं। एक अखरोट अथवा किसी अन्य वस्तु को धागे से लटकाइए और धागे को एक ओर ऐंठिए। जब ऐंठन खुलेगी तो वह वस्तु घूमने लगेगी। इससे अक्ष पर घूमती हुई पृथ्वी का निरूपण किया जा सकता है।

3. एक मॉडल बनाना, जो यह दिखाए कि ग्रहण कैसे लगता है

एक गत्ते को काला करके उसमे 5 सेंटीमीटर व्यास का एक छेद कीजिए। छेद के पीछे दूधिया बिजली-बत्ती रखिए। यह सूर्य को निरूपित करेगी। इस छेद के चारो तरफ लाल खड़िया से किरीट (कारोना) बना दिया जाता है। चन्द्रमा बनाने के लिए लकड़ी की एक गेंद लीजिए, जिसका व्यास 2.5 सेंटीमीटर हो और इसको बुनने की सलाई पर लगा दीजिए। इस उपकरण के सामने एक पर्दा लगा दिया जाता है। इस पर्दे मे कई बड़े सूई-छिद्र बना दिए जाते हैं। देखने वाला इनमे से किसी एक से झांक कर ग्रहण को देखता है। इस प्रतिकृति में भी किरीट केवल पूर्ण ग्रहण की स्थिति में दिखाई पड़ता है। चन्द्रमा की स्थिति को ठीक करने के लिए साइकिल की एक मजबूत तीली लगा दी जाती है, जो उपकरण के अग्र भाग मे से बाहर निकली रहे।

4. सूर्य-ग्रहण दिखाना

छत से लटकी बड़ी बिजली-बत्ती की तरफ एक आंख से देखिए, और दूसरी आंख को बन्द रखिए। खुली आंख के सामने कोई छोटा सिक्का कुछ इंच की दूरी पर पकड़े रहिए। बड़ी बत्ती दूरी पर है और सूर्य को निरूपित करती है। छोटा सिक्का आपकी आख के पास है और सूर्य और पृथ्वी के बीच रहने वाले चन्द्रमा को निरूपित करता है। आप देखेंगे कि छोटा सिक्का आपकी बत्ती को पूर्णतया छिपा देता है और आपकी आंख पर छाया कर देता है।

5. सूर्य के धब्बे देखना

उस दूरदर्शी का उपयोग करिए जिसे आपने किसी पहले प्रयोग में बनाया था। उसे इस प्रकार व्यवस्थित करिए कि वह ठीक सूर्य की दिशा में हो जाए। दूरदर्शी के अभिनेत्र-लैन्स से कुछ दूरी पर सफेद गता रखिए। दूरदर्शी से इस प्रकार फोकस डालिए कि गत्ते पर सूर्य का साफ और कान्तिमय प्रतिबिम्ब पड़े। यदि सूर्य की सतह पर सूर्य-कलक या सूर्य के धब्बे विद्यमान होंगे तो आप प्रतिबिम्ब में उन्हे अनियमित रूप-रेखा के छोटे काले धब्बों के रूप में देख सकेंगे।

चेतावनी : दूरदर्शी मे आंख लगा कर सूर्य को मत देखिए। देखना ही हो तो आंख पर गाढ़े रग का काच-फ़िल्टर अवश्य लगा लीजिए।

6. सूर्य के हिसाब से पृथ्वी की स्थिति में होने वाले परिवर्तनों को देखना

अपनी कोठरी के फर्श या दीवार पर उस स्थान पर रेखा खीचिए जहा धूप पड़ती हो। ठीक मास, दिन और घटा (समय) लिख लीजिए। प्रत्येक सप्ताह के अन्त मे ठीक उतने ही बजे उसी प्रकार फिर रेखा खीचिए। साल भर तक इसी प्रकार रेखाएं खीचते रहिए। तब आपको कुछ रोचक परिणाम प्राप्त होंगे। रेखा की स्थिति में सप्ताह-सप्ताह और महीने-महीने का परिवर्तन सूर्य के गिर्द पृथ्वी के घूमने का परिणाम है।

ग. सौर-परिवार विषयक प्रयोग

1. सौर-परिवार की प्रतिकृति (मॉडल) बनाना

छात्रों से सौर-परिवार की प्रतिकृति बनवा कर, ग्रहों की सापेक्षिक नापों और सूर्य से उनकी दूरियों की प्रत्यक्ष जानकारी की जा सकती है। सूर्य तथा ग्रहों को निरूपित करने के लिए या तो विविध नापों की गेंदों का उपयोग करना

चाहिए या मिट्टी की प्रतिकृतियां बनानी चाहिएं, या फिर गत्ते में उचित नापों के वृत्त काटने चाहिएं। इनको या तो दीवार, फर्श या श्यामपट्ट पर ठीक ढग से लगा देना चाहिए क्योंकि इनमें खड़िया से ग्रहों की कक्षाएं भी अंकित की जा सकती हैं। नीचे की सारणी में आवश्यक आकड़े आदि दिए गए हैं, जिन्हें पढ़ कर प्रतिकृति को ठीक नाप का बनाया जा सकता है :

नहीं रहते। इसी से वे पहचाने जा सकते हैं)। छात्रों को ग्रहों की पहचान सिखा देनी चाहिए, जिससे वे चमकीले तारे और उनका अन्तर जान सकें। दो शाम को अगर आप बच्चों को तारे आदि दिखाएंगे तो वे बड़ी प्रसन्नता से उन्हें देखेंगे। पृष्ठ 88 पर बताए गए दूरदर्शी का अथवा किसी क्षेत्र-दूरदर्शी (फील्ड ग्लासेज़) का उपयोग करिए।

ग्रह सम्बन्धी आकड़े	बुध	शुक्र	पृथ्वी	मंगल	वृहस्पति	शनि	वारुणी	वरुण	यम
सूर्य से औसत दूरी (लाख मीलों में)	360	670	930	1,410	4,890	8,860	17,820	27,930	36,700
व्यास (मीलों में)	3,000	7,600	7,900	4,200	87,000	72,000	31,000	33,000	4,000

2. उन ग्रहों को देखना जो आंखों से देखे जा सकते हैं

वर्ष के विविध समयों में दिखाई पड़ने वाले ग्रहों को शिक्षक अच्छे तारा-चित्रों की सहायता से सुगमता से पहचान सकता है (ये अधिक चमकीले रहते हैं और तारा-चित्रों में अंकित

3. उल्काओं को देखना

उल्काओं अथवा टूटते तारों की खोज के लिए अगस्त या नवम्बर का महीना ठीक रहेगा। बच्चों से कहिए कि वे सन्ध्या के बाद आकाश देखते रहें और जो कुछ भी वे प्रेक्षण करें, उसका विवरण दें।

घ. पृथ्वी सम्बन्धी प्रयोग

1. पृथ्वी का घूर्णन दिखाने वाला फूको लोलक

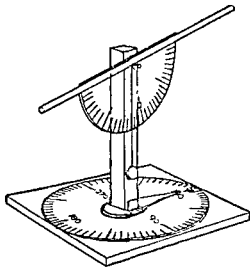
फूको लोलक का आधार बनाने के लिए एक G अक्षरनुमा सन्धर (G–क्लैम्प) लीजिए, जिसके जबड़े के भीतर एक गोली-धारक को टांके से झलवा लिया गया हो। फूको लोलक घर के भीतर टांगना अच्छा है। गोली-धारक का छर्रा मोटे रेजर ब्लेड पर टिका रहे अथवा किसी अन्य कड़ी सतह पर। जब लोलक को चला दिया जाता है तो कुछ घंटों के बाद उसके झूलने का समतल बदल जाता है। इसका पता पाने के लिए लोलक को छोड़ते समय भूमि पर चिह्न लगा देना चाहिए। इस परिणाम का वास्तविक कारण यही हो सकता है कि गोले के नीचे पृथ्वी घूम गई हो।

2. एक सरल थियोडोलाइट या ऐस्ट्रोलेब

चादा (प्रोट्रैक्टर) की आधार-रेखा पर लाख या सरेस (ग्लू) से लेमन पीने की नलिका चिपका कर एक सरल थियोडोलाइट या ऐस्ट्रोलेब बनाया जा सकता है।

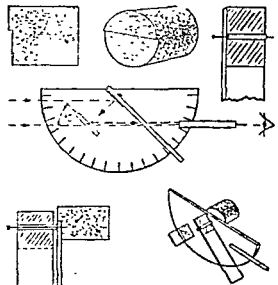
चादे को आधार-स्तम्भ पर एक पेच से कसना चाहिए। इस पेच के सिरे पर एक साहुल-सूत्र लटका देना चाहिए। इससे आधार-स्तम्भ ठीक ऊर्ध्वाकार रखा जा सकेगा और यह तारे अथवा

किसी अन्य वस्तु का उन्नतांश-कोण नापने मे सूचक का काम भी देगा।

इससे अच्छी भी एक प्रतिकृति बनाई जा सकती है, जिसकी सहायता से तारे का उन्नतांश (ऊचाई) और दिगंश (उत्तर-दक्षिण दिशा से कोण), दोनों नापे जा सकते हैं। आधार-स्तम्भ को आधार-पीठिका (पेंदी) पर पेच से कस दीजिए। दो सिक्कों के बीचोंबीच छेद करके उन्हें वाशर की तरह काम में लाइए और आधार-स्तम्भ क्षैतिज कोण नापने के लिए आधार-स्तम्भ में टीन का एक टुकड़ा जड दीजिए। आरम्भ के कई आविष्कार इसी प्रकार के कामचलाऊ उपकरणों की सहायता से किए गए थे।

3. षष्ठक की प्रतिकृति

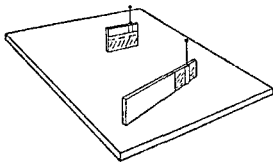
काग, सरेस, पिन, कांच-नलिका, इत्यादि के उपयोग से एक सरल षष्ठक (सेक्सटेंट) बनाया जा सकता है।

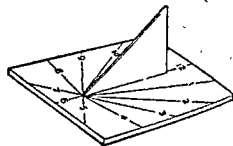
काग के एक सिरे से एक छोटा-सा भाग काट कर निकाल दिया जाता है। इस पर चांदे की आधार-रेखा को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि वह काग के सिरे के व्यास के समानान्तर रहे। चांदे की आधार-रेखा के बीचोंबीच एक मजबूत पिन खोंस दी जाती है। यह पिन दर्पण के घूमने के लिए धुरी का काम करती है। कांच की किसी नलिका को (गरम करने के बाद) खींच-खींच कर इतना पतला कर लिया जाता है कि वह पिन पर बहुत ढीली न बैठे। इसे दर्पण की एक पट्टी पर (जो नाप में 7 सेंटीमीटर × 1 सेंटीमीटर की हो) चिपका दिया जाता है और पिन इसी में पहना कर चांदे के छेद में खोंस दी जाती है। इस प्रकार नलिका कब्जे का काम देती है। नलिका वाले सिरे की ओर से 1 सेंटीमीटर छोड़ कर दर्पण की पट्टी की शेष कलई छुड़ा दी जाती है। इस प्रकार कलई-रहित किया गया भाग यन्त्र की भुजा का काम देता है और चांदे की मापनी पर का कोण बताता है।

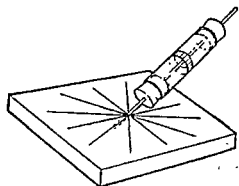
दूसरा दर्पण, जो स्थिर रहता है, चांदे पर बनाए गए दीर्घ छिद्र (स्लाट) में कसा जाता है और लाख से जोड दिया जाता है। चांदे (प्लास्टिक का) में दीर्घ छिद्र तपाए गए तार या बुनने की सलाई से किया जाता है। इस दीर्घ छिद्र को चांदे के आधार से 45 डिग्री का कोण बनाना चाहिए। इस दर्पण से (बीच की ओर से) आधी कलई हटा दी जाती है। चांदे की आधार-रेखा के समानान्तर लेमन पीने की नलिका का एक टुकडा या कांच की नलिका लाख से चिपका दी जाती है और इसी में से देखा जाता है। इस नलिका में देखने पर पूर्वोक्त कलई-रहित आधे दर्पण द्वारा क्षितिज दिखाई पड़ना चाहिए (आवश्यकता हो तो नलिका की दशा ठीक कर लीजिए)।

इस्तेमाल करते समय काग को पकड़ कर यन्त्र को दाहिने हाथ मे लेना चाहिए और यन्त्र की भुजा को इस प्रकार समंजित करना चाहिए कि क्षितिज के दोनों प्रतिबिम्ब, स्थिर दर्पण के कलईदार भाग मे दिखाई पड़ने वाला और उसके स्वच्छ भाग द्वारा दिखाई पड़ने वाला, अटूट हो। तब यन्त्र की स्वच्छ कांच वाली भुजा जिस कोण को सूचित करती है, उसे लिखा जाता है।

भुजा को अब इतना घुमाया जाता है कि सूर्य अथवा अन्य वस्तु का प्रतिबिम्ब, जो स्थिर दर्पण के कलईदार आधे भाग मे दिखाई पड़ता है, उसके दूसरे स्वच्छ भाग द्वारा दिखाई पड़ने वाले क्षितिज पर बैठा हुआ जान पड़े।

भुजा जितने कोण द्वारा घूमती है, वह सूर्य के उन्नतांश का आधा है। यदि सूर्य तेज चमक रहा हो तो आंखों की रक्षा के लिए गाढ़े श्याम रंग के कांच या जिलैटिन की आवश्यकता पड़ेगी। भारत में सूर्य सदा ही तेज चमकता है और बिना श्याम कांच के सूर्य की ओर कभी नही देखना चाहिए।

इसी प्रकार की दर्पण की पट्टियां चित्रफलक पर पिनों की सहायता से ऊर्ध्वाधर समतल मे खड़ी की जा सकती हैं। इसके लिए काच की नलिकाओं में पिन डाल कर इन पिनों को चित्रफलक में खोंस देना चाहिए। पष्ठक के दर्पण-तन्त्र मे प्रकाश-रश्मियों के मार्ग के अध्ययन के लिए पूर्वोक्त पट्टिया उपयोगी सिद्ध होंगी। विशिष्ट रश्मियों के मार्ग का पता पाने के लिए किरणावलियो अथवा पिनो का उपयोग करना चाहिए।

4. धूप-घड़ी बनाना

ऋतु से बचने के लिए धूप-घडी को धातु अथवा रंगी हुई लकड़ी से बनाना चाहिए ताकि उसमें छीजन न हो। सरल प्रयोगों के लिए गत्ते की भी प्रतिकृति बनाई जा सकती है।

समय का पता शंकु की छाया से चलता है। शंकु एक समकोणिक त्रिभुज होता है, जिसका आधार-कोण उस स्थान के अक्षांश (लैटिट्यूड) के बराबर होता है जहां धूप-घड़ी का इस्तेमाल किया जाता हो।

इस त्रिभुज को सरेस आदि से अपने स्थान पर इस प्रकार लगाना चाहिए कि उसका कर्ण ध्रुव तारे की दिशा में रहे। तब आधार-पट्टिका पर घंटों के चिह्न बनाए जा सकते हैं।

यदि 4 सेंटीमीटर व्यास की कांच की कोई नलिका मिले तो उससे दूसरे ढंग की धूप घड़ी बनाई जा सकती है।

इस उपकरण में बुनने की मजबूत सलाई शंकु का काम करती है। उसे आधार-पट्टिका में उचित कोण पर खोंस दिया जाता है। पैमाना नलिका की परिधि पर चिपका दिया जाता है और उसे 24 बराबर भागों में बांट दिया जाता है। सलाई की जो छाया इस पर पड़ती है उससे घंटे का बोध होता है। कांच की नलिका को

कागों की सहायता से ठीक स्थान पर रखा जाता है ।

5. पृथ्वी और चन्द्रमा की सरल प्रतिकृति

पृथ्वी को नारंगी या अन्य किसी गोल वस्तु से निरूपित किया जा सकता है । नारंगी आदि को बास अथवा किसी मजबूत सीखचे पर लगा दिया जाता है। एक तार को मोड़ कर या बुनने की सलाई को बास के बीच में छेद करके डालिए और उस पर कोई छोटा गोल फल अथवा बीज या मेवा रख कर चन्द्रमा को निरूपित करिए । इसे हाथ में लेकर किसी लैम्प के चारों ओर चक्कर लगाने से चन्द्रमा की कलाएं, सूर्य के चारों ओर पृथ्वी का घूमना और ग्रहणों का लगना भी समझाया जा सकता है।

6. ऋतुओं का कारण दिखाना

रबड़ की खोखली गेंद की (जैसे टेनिस की गेंद) पृथ्वी बनाइए । गेंद में 15 सेंटीमीटर लम्बा तार या बुनने की सलाई घुसा दीजिए । यह पृथ्वी का अक्ष है । गत्ते पर लगभग 40 सेंटीमीटर व्यास का एक वृत्त खींचिए । यह पृथ्वी की कक्षा को निरूपित करेगा । इस पर उत्तर, दक्षिण, पूर्व, पश्चिम आदि चारों दिशाएं अंकित करिए । सूर्य को निरूपित करने के लिए एक बिजली-बत्ती को गत्ते से लगभग 15 सेंटीमीटर की ऊंचाई पर लटका दीजिए । इसके बदले जलती मोमबत्ती भी रखी जा सकती है । गेंद को, जो

आर्कटिक वृत्त
कक्ष्या
सूर्य
मार्च 21, भूमध्य रेखा
दिसम्बर 22
23½°
कर्क रेखा
जून 22
भूमध्य रेखा
सितम्बर 22
कक्ष्या
मकर रेखा
एंटार्कटिक वृत्त

पृथ्वी को निरूपित करती है, पूर्वोक्त चार स्थानों में पारी-पारी से रखिए । अक्ष ऊर्ध्वाधर से 23.5 डिग्री का कोण बनाए । देखिए कि गेंद का कितना भाग सदा प्रकाश में रहता है और रश्मियां सीधी कहां गिरती हैं । चारों स्थितियों में देखिए कि रश्मियां किस गोलार्ध पर तिरछी पड़ती हैं ।

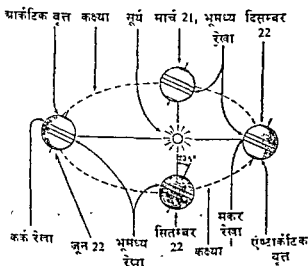
प्रयोग फिर से करिए, परन्तु अब की बार चारों स्थितियों में पृथ्वी का अक्ष ऊर्ध्वाधर रहे और देखिए कि यदि पृथ्वी का अक्ष तिरछा न होता तो क्या होता ।

7. किसी स्थान पर दिन और रात की लम्बाइयों में अन्तर पड़ने का कारण दिखाना

वही उपकरण लीजिए जिसका उपयोग ऊपर प्रयोग-6 में किया गया था । गेंद के बीचोंबीच एक वृत्त खींचिए । यह भूमध्य रेखा (ईक्वेटर) को निरूपित करेगा । भूमध्य-रेखा पर और उत्तरी गोलार्ध तथा दक्षिणी गोलार्ध में नगरों को निरूपित करने के लिए गेंद पर बिन्दु लगा दीजिए । गेंद को फिर चारों स्थितियों में रखिए परन्तु इस बार प्रत्येक स्थिति में गेंद को उसकी धुरी पर घुमाइए और देखिए कि विविध नगर, जिन्हें आपने अंकित किया है, कितने समय तक प्रकाश में रहते हैं और कितने समय तक छाया में । प्रत्येक ध्रुव पर 6 महीने का दिन होता है और 6 महीने की रात ।

8. यह दिखाना कि पृथ्वी पर आई हुई उष्मा (गरमी) और प्रकाश पर सूर्य की किरणों के तिरछेपन का क्या प्रभाव होता है

एक गत्ते को इस प्रकार मोड़िए कि उससे 2 सेंटीमीटर की (अनुप्रस्थ) काट की और 32 सेंटीमीटर लम्बी चौकोर नलिका बन जाए । फिर खूब कड़े गत्ते से 23 सेंटीमीटर लम्बी और 2 सेंटीमीटर चौड़ी पट्टी काट लीजिए । इसे नलिका के एक ओर इस प्रकार चिपका दीजिए कि पट्टी 15 सेंटीमीटर बाहर निकली रहे । कड़े गत्ते के सिरे को मेज पर रखिए और नलिका को ऊर्ध्वाधर

M14DPD/62—13

से लगभग 25° तिरछी दिशा में रखिए। नलिका के ऊपरी सिरे पर टार्च या जलती मोमबत्ती रखिए और मेज पर उस क्षेत्र को अंकित कर लीजिए जिस पर नलिका के भीतर से आया हुआ प्रकाश पड़ता है। इस प्रयोग को फिर करिए परन्तु अब नलिका केवल 15 डिग्री झुकी रहे। प्रयोग को फिर करिए परन्तु इस समय नलिका ऊर्ध्वाकार रहे। तीनों क्षेत्रों की तुलना करिए और प्रत्येक का क्षेत्रफल ज्ञात करिए। सूर्य से आई उष्मा और रोशनी की मात्रा अधिक कब रहती है? जब रश्मियां खड़ी पड़ती हैं, या तब जब वे तिरछी पड़ती है?

9. शंकु बनाना

पाठशाला के खुले मैदान में एक 130 सेंटीमीटर लम्बी छड़ी को भूमि में गाड़ दीजिए और छात्रों को कहिए कि छाया की लम्बाई नाप कर लिख ले। छाया को वर्ष की विविध ऋतुओं में दिन में दो-तीन बार नापिए।

10. यह दिखाना कि एक ही समय पर सूर्य-रश्मियों का कोण (उन्नतांश) रोजाना बदलता रहता है

कागज या गत्ते के टुकड़े में 1 सेंटीमीटर व्यास का गोल छेद कर दीजिए। अपनी कक्षा की दक्षिण दिशा की किसी खिड़की में इसे ऐसी जगह रखिए कि धूप छेद में से होकर फर्श या खिड़की की चौखट पर रखे गए सफेद कागज पर पड़े। जहां पर सूर्य की किरणावली पड़ती है, उस स्थान पर कागज़ में एक घेरा बनाइए। घेरे के भीतर दिनांक और समय लिख लीजिए। इस प्रयोग को आगामी दिनों में ठीक पहले दिन वाले समय पर दोहराइए।

ङ. चन्द्रमा सम्बन्धी प्रयोग

1. चन्द्रमा के तल का निरीक्षण

पृष्ठ 88 पर बताए गए दूरदर्शी या क्षेत्र-दूरदर्शी (फील्ड-ग्लासेज़) का उपयोग करिए। चन्द्रमा के तल का अध्ययन करिए और देखिए कि आप उसमें किसी ज्वालामुख (क्रेटर) अथवा पर्वत को देख सकते हैं या नहीं।

2. चन्द्रमा की कलाओं का निरीक्षण

पूरे एक चन्द्र मास तक लड़कों से प्रति रात्रि चन्द्रमा का निरीक्षण कराइए और उसकी आकृति का चित्र खिंचवाइए। अमावस्या से आरम्भ करके यह क्रम अमावस्या तक जारी रखिए।

3. चन्द्रमा की कलाओं का कारण दिखाना

अपनी कक्षा में या किसी दूसरे कमरे में अन्धेरा करके मेज पर एक जलती मोमबत्ती या बिजली-बत्ती रखिए। 8 सेंटीमीटर व्यास की रबड़ की गेंद को सफेद रंग से रंग लीजिए। हाथ फैला कर गेंद को पकड़े रहिए और इस प्रकार खड़े रहिए कि प्रकाश आपकी पीठ की ओर रहे। गेंद को अपने से कुछ ऊंचा रखिए ताकि उस पर प्रकाश पड़ सके। देखिए कि गेंद के किस भाग पर प्रकाश पड़ रहा है। यह स्थिति पूर्णिमा को निरूपित करती है। अब धीरे-धीरे दाईं से बाईं ओर घूमिए। गेंद को बराबर अपने सामने और सिर से कुछ ऊंचा रखिए। एक बार पूरा घूम कर देखिए कि गेंद के प्रकाशित भाग की आकृति किस प्रकार बदलती है। क्या आप चन्द्रमा की विविध कलाओं को देखते हैं? अब फिर घूमिए परन्तु पूरे चक्कर के आठवें भाग पर रुक जाइए और किसी से कहिए कि वह चन्द्रमा (गेंद) के प्रकाशित भाग का चित्र खींचे (वह व्यक्ति आपसे यथा-सम्भव सट कर खड़ा हो, अन्यथा उसके लिए प्रकाशित भाग की आकृति दूसरी हो जाएगी)।

4. चन्द्र-ग्रहण दिखाना

एक कमरे में अन्धेरा करिए। सूर्य को निरूपित करने के लिए टार्च या मोमबत्ती जलाइए। एक हाथ में 8 सेंटीमीटर की रबड़ की गेंद लीजिए, जो पृथ्वी को निरूपित करे। चन्द्रमा को निरूपित करने के लिए दूसरे हाथ में 2 सेंटीमीटर की दूसरी गेंद लेकर टार्च से निकली किरणावली के सामने रखिए और पृथ्वी की छाया को देखिए। इसके बाद छोटी गेंद अर्थात् चन्द्रमा को पृथ्वी के पीछे छाया में ले जाइए। जब तक चन्द्रमा पृथ्वी की छाया में होकर चलता रहेगा तब तक चन्द्र-ग्रहण लगा रहेगा।

अध्याय—7

वायु और वायुदाब के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

जीवन के लिए जो वस्तुएं परम आवश्यक हैं, उनमे से वायु भी एक है। वायु के समुद्र के तल में ही हम रहत भी हैं। मनुष्य अपने कई-एक दैनिक कार्यों मे वायुदाब का उपयोग करता है। प्रत्येक बालक और बालिका क पाठ्य-विषयों मे वायु और वायुदाब को भी स्थान मिलना चाहिए।

क. यह दिखाना कि वायु कहां-कहां है

1. संकरे गले की एक शीशी का मुह नीचे की ओर करिए। काच के एक बड़े बरतन में पानी रख कर शीशी को उसमें पूरी तरह डुबा दीजिए। अब धीरे-धीरे शीशी को तिरछा करके उसके मुंह को पानी की सतह की ओर लाइए। आप क्या देखते है ? क्या शीशी खाली थी ?

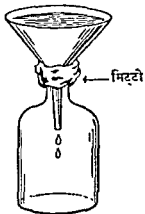
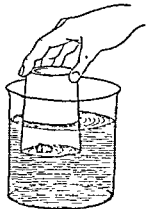
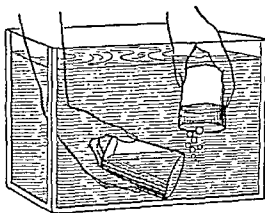
2. पानी के बरतन में मुट्ठी-भर मिट्टी डालिए और ध्यान से देखिए। क्या आपने कोई ऐसी बात देखी जिससे पता चले कि मिट्टी मे हवा थी ?

3. एक ईंट लीजिए और उसे पानी के बरतन मे छोड़ दीजिए। क्या कोई प्रमाण मिलता है कि ईंट के भीतर हवा थी ?

4. गिलास में ठण्डा पानी भरिए और सूक्ष्मता से उसका निरीक्षण करिए। गिलास को गरम स्थान मे कई घंटे पड़ा रहने दीजिए। फिर निरीक्षण करिए। आपको क्या अन्तर दिखाई पड़ता है ? क्या कोई प्रमाण है कि पानी मे हवा है ?

ख. यह दिखाना कि हवा जगह घेरती है

1. एक बोतल और एक कीप लीजिए। कीप को बोतल के मुंह में लगा दीजिए और बोतल के मुह की सन्धि पर बाहर की ओर मूर्ति बनाने की मिट्टी लगा दीजिए। गीली मिट्टी बोतल के मुह में कस कर लगाई जाए। कीप मे धीरे-धीरे पानी डालिए। आप क्या देखते हैं ? हवा के बारे मे इससे क्या पता चलता है ?

2. ऊपर के प्रयोग-1 को फिर से करिए और इतना पानी डालिए कि पानी लगभग कीप के ऊपरी किनारे तक पहुंच जाए। बोतल में लगी मिट्टी में सावधानी से कील से एक छेद कर दीजिए। छेद बोतल के भीतर तक पहुंच जाए। आपने क्या देखा ? ऐसा क्यों हुआ ?

3 काच के बडे बरतन को पानी से आधा भर कर उस पर एक काग तैराइए। अब काग के ऊपर एक गिलास को उल्टा करके रखिए। गिलास को नीचे दबाइए। आप क्या देखते है ? इस प्रयोग को फिर करिए, परन्तु पहले गिलास की पेंदी में थोडा कागज़ कस कर ठूस दीजिए। क्या कागज़ भीग जाता है ?

4. एक मत्स्यकुण्ड अथवा कांच का कोई बड़ा बरतन लीजिए और उसे लगभग पूरा भर दीजिए। पानी पीने के एक गिलास को औंधा करके उसे मत्स्यकुण्ड में डुबाइए। दूसरे हाथ से एक दूसरा गिलास भी भीतर औंधा ही डालिए। इस गिलास का मुह इस प्रकार तिरछा करिए कि उसमें पानी भर सके। अब दूसरे गिलास को पानी के भीतर ही औंधा करके पहले गिलास के कुछ ऊपर पकड़े रहिए। पहले गिलास को धीरे-से तिरछा करिए और हवा को धीरे-धीरे निकलने दीजिए। दूसरे गिलास में पहले गिलास की हवा भर लीजिए। हवा के बारे में इससे क्या पता चलता है ?

5. मत्स्यकुण्ड में कांच का एक लम्बा बरतन रखिए। इसे पानी से भर जाने दीजिए। तब इसे मत्स्यकुण्ड की पेंदी पर औंधा खड़ा कर दीजिए। इस बरतन के मुंह की ओर के नीचे रबड़ की नलिका या लेमन पीने की नलिका का एक सिरा डाल दीजिए और नलिका में धीरे-से फूंक मारिए। इससे हवा के बारे में क्या पता चलता है ?

6. चौड़े मुंह की लम्बी बोतल को पानी से भर कर आधी भरी थाली पर उलट दीजिए। ऐसा करने का तरीका यह है कि बोतल को पानी से भर कर उसके मुंह पर कांच या गत्ते का एक टुकड़ा रख लिया जाए और तब बोतल को उलट कर उसके मुंह को थाली के पानी के भीतर कर दिया जाए। फिर ढक्कन को पानी के भीतर से निकाल लिया जाए। बोतल के मुह को जरा-सा उठाइए और उसके नीचे दवा टपकाने वाली

नलिका का मुंह डाल दीजिए। दवा टपकाने वाली नलिका के रबड़ को दबाइए और देखिए कि क्या होता है। ऐसा कई बार किया जा सकता है। हवा के बारे में इससे क्या पता चलता है ?

7. एक ऐसी बोतल लीजिए जिसमें कस कर बैठने वाला काग या रबड़ की डाट हो। बोतल को पानी से भर दीजिए परन्तु हवा का छोटा बुलबुला उसमें रह जाए। बोतल को तिरछा करिए और काग को दबा कर बुलबुले को निकालने की चेष्टा करिए। आप क्या देखते हैं ? यह प्रयोग हवा के बारे में क्या बताता है ?

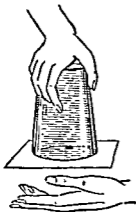
ग. यह दिखाना कि हवा में भार होता है

1. एक लम्बी छड़, जैसे मीटर की पटरी या गज लीजिए और उसके ठीक बीच में एक पतली कील को आर-पार ठोंक दीजिए। कांच के दो गिलासों की कोरों पर कील को टिका कर छड़ को सन्तुलित करिए। फिर तार के छोटे टुकड़े से एक आरोही (राइडर) बनाइए और उसे छड़ के सिरे पर उस ओर रखिए जिसे सन्तुलन की दृष्टि से भारी करना हो। आरोही को घटा-बढ़ा कर छड़ को ठीक-ठीक सन्तुलित करिए (बिना आरोही और सन्तुलन के भी काम चल सकता है)। छड़ी के एक सिरे पर रबड़ का एक गुब्बारा और रबड़ का (या साधारण) एक छल्ला लटका दीजिए। अब छड़ के दूसरे सिरे पर कुछ बाट या अन्य वस्तुएं रख कर छड़ को ठीक-ठीक सन्तुलित करिए (यदि पहले कुछ पासंग रहेगा तो उसका प्रभाव इस सन्तुलन से मिट जाएगा)। छड़

र उन स्थानों पर चिह्न लगा लीजिए जहां ुब्बारा और सन्तोलक भार रखे गए थे। गुब्बारे को हटा लीजिए और उसमें साइकिल पम्प से हवा भरिए। गुब्बारे का मुंह धागे से बाध दे । फिर गुब्बारे और सन्तोलक भार को ठीक उन्ही जगहों र रख दीजिए जहा वे पहले थे । यह काम तरल नहीं है क्योंकि नाम-मात्र भी अन्तर पडने ो प्रयोग बेकार हो जाएगा । इसलिए छड के सिरों पर भी पतली कीलें ठोंक कर वहां गुब्बारा और सन्तोलक भार लटकाना अधिक अच्छा होगा। आप क्या देखते हैं ? इससे हवा के बारे मे या पता चलता है ? (आर्किमिडीज के सिद्धान्त के अनुसार हवा भरने पर गुब्बारे तथा उसके भीतर की हवा की सम्मिलित तौल उतनी कम हो जाएगी जितनी कि विस्थापित हवा की तौल होगी, इससे गुब्बारे की तौल में सूक्ष्म अन्तर पड़ेगा और वह भी केवल इसलिए कि भीतर की हवा मे दाब कुछ अधिक है ।) प्रयोग को बड़ी सावधानी से करना चाहिए ।

ऊपर के प्रयोग को फुटबाल, बास्केट बाल आदि के ब्लैडर या बाइसिकिल या मोटर के पहिए की भीतरी ट्यूब की सहायता से भी किया जा सकता है ।

घ. यह दिखाना कि हवा दबाव डालती है

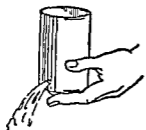
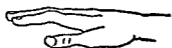
1. एक गिलास को पानी से ऊपर तक भर दीजिए। उसके ऊपर पतले गत्ते का एक टुकडा रख कर उसको गिलास पर दबाए रखिए और गिलास को उलट दीजिए। फिर अपने उस हाथ को हटा लीजिए जिससे आपने गत्ते को पकड़ रखा था।

उलटे हुए गिलास को चिकनी मेज पर रखिए और सावधानी से गिलास को गत्ते से मेज पर खिसकाना आरम्भ करिए । गिलास को धीरे-धीरे मेज पर खिसकाइए । क्या आप मेज पर पानी गिराए बिना गिलास को खाली करने की कोई रीति सुझा सकते हो ? यह प्रयोग हवा के बारे में क्या बताता है ?

2. चौड़े मुंह की लम्बी बोतल लीजिए और उसकी बारी पर गीली मिट्टी की तीन या चार गोलियां चिपका दीजिए। बोतल में पानी भरिए। मिट्टी पर एक तश्तरी रखिए और तब बोतल तथा तश्तरी को उलट दीजिए। मुर्गी के बच्चों के लिए जल-पात्र रूप मे इसका उपयोग किया जा सकता है। बोतल में पानी क्यों रुका रहता है। तश्तरी से थोड़ा पानी निकाल लीजिए। क्या होता है ?

3. पतले पटरे का 5 सेंटीमीटर चौड़ा और 60 सेंटीमीटर लम्बा टुकड़ा लीजिए। पटरे को मेज पर इस तरह रखिए कि लगभग 25 सेंटीमीटर टुकडा किनारे से आगे निकला हो । अब समाचारपत्र का एक ताव लेकर उसे इस प्रकार फैलाइए कि पटरे का मेज़ पर का भाग उसके नीचे आ जाए । इसके बाद अपने हाथ को कागज़ के मध्य भाग से किनारे की ओर ले जाते हुए सारी हवा बाहर निकाल दीजिए । इस प्रयोग की सफलता इस बात पर निर्भर करती है कि आप हवा को कागज़ के नीचे से पूरी तरह निकाल पाएं । जब यह हो जाए तो किसी से

कहिए कि पटरे के बढ़े हुए भाग पर छड़ी से मारें। क्या होता है ? इससे हवा के बारे में क्या पता चलता है ?

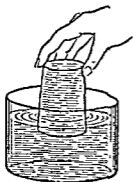
4. कांच की सीधी नलिका अथवा शरबत पीने की नलिका के एक सिरे पर अंगुली रख कर उसे बन्द कर लीजिए और दूसरे सिरे को रंगीन पानी में डुबाइए। अंगुली हटा लीजिए और

देखिए कि क्या होता है ? नलिका के सिरे को फिर अंगुली से बन्द कर लीजिए और नलिका को पानी से हटा लीजिए। क्या होता है ? क्यों होता है ? हवा के बारे में इससे क्या पता चलता है ?

5. टीन के डिब्बे के एक ओर पेंदी के पास कील से एक छेद करिए। डिब्बे को पानी से भरिए। हथेली को डिब्बे के मुंह पर कस कर दबाइए। छेद से पानी का बहना बन्द हो जाएगा। हाथ हटा लीजिए तो पानी फिर छेद में स बहने लगता है। इससे क्या पता चलता है ?

6. एक चौड़े मुंह की अथवा साधारण लम्बी बोतल चुनिए। थोड़ा-सा कागज मरोड़ कर उसकी एक गोली-सी बना लीजिए और उसमें आग लगा कर उसे बोतल में डाल दीजिए। बोतल के मुंह पर रबड़ का गुब्बारा खींच कर तुरंत लगा दीजिए या उस पर रबड़ का टुकड़ा दबा रखिए। आप क्या देखते हैं ? क्या आप बता सकते हैं कि ऐसा क्यों होता है ?

7. एक अण्डे को 10 मिनट तक उबालिए या इतना उबालिए कि वह बहुत कड़ा हो जाए। ऊपर का छिलका अलग कर दीजिए। एक ऐसी बोतल लीजिए जिसकी गरदन इतनी चौड़ी हो कि उसमें बिना अण्डे की सफेदी के टूटे ही अण्डे को दबा कर भीतर डाला जा सके। दूध की बड़ी बोतल, जिसमें एक क्वार्ट या एक लिटर दूध आता है, अच्छा काम देगी। थोड़े-से कागज की एक गोली बना कर उसमें आग लगा दीजिए और उसे बोतल में डाल दीजिए। अण्डे को तुरन्त बोतल के मुंह में रख दीजिए। नुकीला सिरा नीचे की ओर रहे। क्या होता है ? आप इसे कैसे समझाते हैं ? अण्डे को बाहर निकालने के लिए बोतल को उलट दीजिए। ऐसा करिए कि अण्डा बोतल की गरदन में आ जाए और उसका नुकीला सिरा नीचे की ओर रहे। अब बोतल में मुंह लगा कर उसमें जोर से हवा भरिए और देखिए कि मुंह हटाने पर क्या होता है ?

8 पानी पीने के गिलास को पानी के बड़े बरतन में डुबा दीजिए। ध्यान रखिए कि पानी में गिलास पूर्णतया भरा रहे। अब गिलास को औंधी स्थिति में रख कर उसे इतना ऊपर उठाइए कि गिलास लगभग पूर्णतया पानी के बाहर निकल आए। गिलास के भीतर का पानी गिरता क्यों नहीं ?

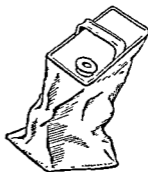
9. पाइप साफ करने वालों का रबड़ का प्याला (प्लम्बर्स फोर्स कप) लीजिए। उसकी पेंदी के नीचे पानी लगाइए और उसे किसी सपाट सतह

पर दबाइए, उदाहरणार्थ तिपाई के ऊपर। प्याले के साथ-साथ तिपाई को भी उठाने की चेष्टा करिए। ऐसा करना क्यों सम्भव है? (भीगे चमड़े के वृत्त के केन्द्र में डोर पहना कर भी यह प्रयोग किया जा सकता है)।

10. पाइप साफ करने वालों के रबड़ के दो प्याले लीजिए। उनके किनारों पर पानी लगाइए। दोनों प्यालों को सटा कर बलपूर्वक दबाइए और तब उन्हें अलग करने की चेष्टा करिए। उन्हें खींच कर अलग करना क्यों इतना कठिन है? यह प्रयोग प्रसिद्ध मैगडिबुर्ग गोलार्धों वाले प्रयोग से मिलता-जुलता है।

11. एक गुब्बारे में अपने मुह से थोड़ी-सी हवा फूंकिए। गुब्बारे को मेज की ऊपरी सतह के पास लाइए और चाय के दो प्यालों को गुब्बारे के अगल-बगल रख कर उनके मुहों को गुब्बारे के दोनों ओर दबाइए (इससे गुब्बारा कुछ दूर तक दोनों प्यालों में घुस जाएगा)। गुब्बारे में अब कुछ और हवा फूंकिए। और तब गुब्बारे का मुंह दबा कर बन्द कर दीजिए। यदि यह प्रयोग सावधानी से किया जाएगा तो गुब्बारे को उठाने पर दोनों प्याले उठ आएंगे। प्यालों को गुब्बारे से कौन-सी वस्तु चिपका देती है?

12. कांच के एक ही ताप के दो गिलास लीजिए और एक के मुंह के चारों ओर भीगे सोख्ते का कालर बना कर लगा दीजिए। कुछ कागज़ों को मरोड़ कर एक गोली बना लीजिए। उसमें आग लगा दीजिए और उसे मेज पर रखे गिलास में डाल दीजिए। फिर तुरन्त ही दूसरे गिलास को उलट कर सोख्ते पर ज़ोर से दबाइए। क्या आप ऊपर के गिलास को उठाने से नीचे वाले गिलास को भी उठा सकते हैं? क्यों?

13. दो मोटे गिलास लीजिए। प्रत्येक को पानी से भर दीजिए। एक गिलास पर कागज का एक टुकड़ा रख दीजिए और उसे दूसरे गिलास पर इस प्रकार उलट दीजिए कि दोनों गिलासों की बारियां एक-दूसरे पर ठीक-ठीक पड़ें। कागज को हटा दीजिए। क्या होता है? क्यों?

14. टीन के एक बड़े डिब्बे में, जिसके मुंह पर पेचदार ढक्कन हो, 3 सेंटीमीटर पानी भरिए। ढक्कन हटा कर टीन को स्टोव (चूल्हे) पर खुला रखिए। जब पानी खौलने लगे और खुले मुह से भाप जोर से निकलने लगे तब डिब्बे को फुर्ती से चूल्हे से हटा कर उस पर शीघ्रता से पेचदार ढक्कन लगा दीजिए और खूब कस दीजिए। डिब्बे को ठण्डा होने दीजिए और परिणाम देखिए। डिब्बे पर ठण्डा पानी छोड़ने से या उसे ठण्डे पानी की बाल्टी में डुबाने से परिणाम और भी शीघ्र दिखाई पड़ेगा?

15 बिजली के एक पुराने बल्ब को गैस अथवा स्पिरिट लैम्प की ज्वाला में गरम करके उसके पीतल के छल्लों को निकाल दीजिए। जब बल्ब की लाख धुआं देने लगे तब उसे प्लास से ऐंठ कर बल्ब से छुड़ा दीजिए। आपको एक नलिका का सिरा दिखाई देगा, जो बल्ब के भीतर घुसा रहता है और जिसके द्वारा भीतर की हवा खींच ली जाती है। बल्ब को रंगीन पानी के बरतन में इस तरह रखिए कि नलिका वाला सिरा नीचे रहे। प्लास से नलिका का सिरा (पानी के भीतर-ही-भीतर) तोड़ दीजिए। क्या होता है? आप इसकी क्या व्याख्या करेंगे?

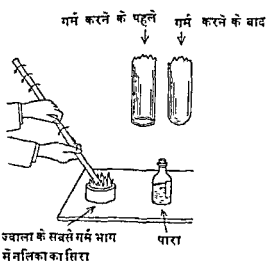
ङ. वायुदाब को नापना

1. सरल पारा वायुदाब-मापी

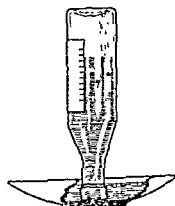
लगभग 80 सेंटीमीटर लम्बी एक कांच की नलिका लीजिए। नलिका के सिरे को गैस (या स्टोव या स्पिरिट लैम्प) की ज्वाला मे डाल कर और नलिका को घुमा-घुमा कर उसके सिरे को बन्द करिए। नलिका को यथासम्भव ऊर्ध्वाधर रखना चाहिए। एक छोटी-सी साधारण अथवा गोलाकार कीप लीजिए और उसे अपने दाब-मापी की नलिका के खुले सिरे से किसी रबड नलिका के छोटे टुकड़े से जोड़िए। नलिका मे धीरे-धीरे पारा (मर्करी) डालिए। यदि हवा के बुलबुले फस जाए तो पारे को ऊपर-नीचे धीरे-से हिला कर नलिका से उन्हें दूर किया जा सकता है। पारा सिरे से 1 सेंटीमीटर नीचे तक ही भरिए। अन्तिम भाग को दवा टपकाने वाली नलिका से भरना अच्छा है। इससे पारा बेकार नही जाएगा। नलिका मे इतना पारा भरिए कि पारे की सतह नलिका की बारी से नाम-मात्र के लिए ऊपर हो जाए। अब किसी रकाबी या बहुत चौड़े मुह की बोतल मे लगभग 2 सेंटीमीटर पारा डालिए अर्थात् पारे की गहराई 2 सेंटीमीटर हो जाए)। पारे से भरी

गर्म करने के पहले गर्म करने के बाद

ज्वाला के सबसे गर्म भाग में नलिका का सिरा

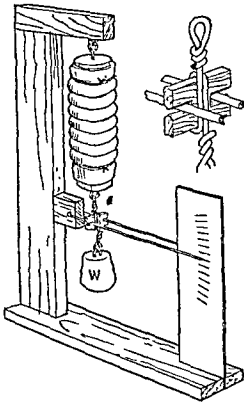
पारा

नलिका के सिरे पर अंगुली रख कर उस सिरे को तश्तरी या बोतल के पारे में डुबो दीजिए। जब नलिका का सिरा पारे मे डूब जाए तब अंगुली हटा लीजिए। फिर नलिका को उचित आधार के सहारे खड़ा रखिए। यह उपकरण पारद वायुदाब-मापी का काम देगा। तश्तरी में पारे के तल से नलिका में पारे के तल की ऊंचाई सेंटीमीटरों या इचों में वायुदाब बताती है।

2. बोतल से बना वायुदाब-मापी

किसी बोतल मे थोड़ा पानी भरिए। एक तश्तरी में कुछ पानी डाल कर बोतल को उलटा कर दीजिए और बोतल के मुंह को तश्तरी के पानी मे डुबो दीजिए। अब इसका प्रयोग मुर्गी के बच्चों को पानी पिलाने के लिए किया जा सकता है परन्तु इससे बोतल के बाहर चिपकाई गई कागज की पट्टी पर वायुदाब में होने वाले परिवर्तनों को भी मोटे हिसाब से अंकित किया जा सकता है।

3. निर्द्रव वायुदाब-मापी

निर्द्रव वायुदाब-मापी की प्रतिकृति बनाने के लिए गैस-मुखौटा साइकिल के हत्थे की नालीदार रबड़-नलिका से काम लिया जा सकता है इसमें सूक्ष्मता की आशा करना व्यर्थ है क्योंकि कई प्रकार की त्रुटियां उसमें रह सकती हैं।

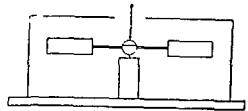
नालीदार नलिका के सिरों को बन्द करने के लिए दो अच्छे काग या रन्ध्र-रहित (नान-पोरस) लकड़ी के दो टुकड़े लीजिए। सिरों को बन्द करने पर नलिका निर्वात मंजूषा (वैकुअम बॉक्स) का काम देती है। कागों को तब बरता

चाहिए जब नालीदार नलिका तनी रहे। सन्धियों को मोम से वायु-अभेद्य (एअर-टाइट) कर देना चाहिए। रबड़ की बाहरी सतह पर भी इसी उद्देश्य से एक डोर कस कर बांध देनी चाहिए।

नीचे के काग पर एक बोझ (कोई बटखरा) लटका दिया जाता है। यह वायुमण्डलीय दाब का थोड़ा-बहुत प्रतिरोध करेगा और भाथी को खीच कर फैला देगा।

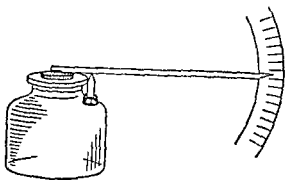
वायुमण्डलीय दाब में होने वाले परिवर्तनों को एक प्रवर्धक संकेतक (प्वाइण्टर) द्वारा सूचित किया जा सकता है।

4. एक तुला वायुदाब-मापी

तुला वायुदाब-मापी इस सिद्धान्त पर बनाया जाता है कि एक ही ताप पर नम वायु की अपेक्षा शुष्क वायु अधिक भारी होती है। एक ही जैसे दो बेलनों को (टीन के डिब्बों को भी लिया जा सकता है) किसी सूक्ष्मग्राही तुला की डण्डी के दोनों सिरों पर आरोपित करिए। जेण्डर्स-व्यवस्था (पृष्ठ 41) की सहायता से यह काम सन्तोष-प्रद रीति से हो जाता है।

एक बेलन को पूर्णतया बन्द (सील) कर दिया जाता है। इसके भीतर की हवा प्रामाणिक हवा का नमूना है। दूसरे में एक छेद रहता है, जिससे बाहरी हवा भीतर घुस सके। केवल एक ही बेलन रहने पर भी यह उपकरण काम कर सकता है, परन्तु दो बेलनों के उपयोग से इसे सन्तुलित करना अधिक सुगम होता है। इस उपकरण को किसी पेटी में रखना चाहिए ताकि इस पर हवा का झोका न लगे। पेटी के ऊपर बाहर निकला हुआ सकेतक डण्डी की स्थिति बताता है।

5. एक दूसरा निर्द्रव वायुदाब-मापी

काच के छोटे बरतन के मुह पर पतला रबड़ खीच कर लगा दीजिए। रबड को जकड़े रखने के लिए उस पर एक धागा या डोर बाध दीजिए। डोर के नीचे के फालतू रबड को काट दीजिए और इस किनारे के नीचे घरेलू सीमेंट लगा कर रबड़ को अच्छी तरह चिपका दीजिए (घरेलू चेप—हाउसहोल्ड सीमेंट—भारतीय घरो में प्रयुक्त नही होता, परन्तु मोटरकार की मरम्मत करने की सामग्री बेचने वालों की दुकान से धातु पर कपड़ा आदि चिपकाने का सीमेंट खरीदा जा सकता है, जो रबर-सल्यूशन से बहुत गाढ़ा और अधिक चिप-चिपा होता है)। किसी छोटे काग के ऊपर से एक पतली गोल कतरन काट लीजिए और उसे रबड़ के बीच मे चिपका दीजिए। फिर एक लम्बी सीक या शरबत-नलिका को काग में सरेस से चिपका दीजिए। दियासलाई मे एक छोटा-सा त्रिभज

(स्फान या फन्नी) काट लीजिए और उसे बोतल के किनारे पर सरेस से चिपका कर उस पर सींक या शरबत-नलिका को टिका दीजिए। सींक के खुले सिरे के पीछे एक पैमाना बना कर रख दीजिए।

6. साइकिल पम्प की सहायता से वायुमण्डलीय दाब को नापना

साइकिल पम्प में वाशर को उलटा लटकाइए। अब इसे वायुमण्लीय दाब नापने के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है। पम्प के बैरल की काट (क्रास-सेक्शन) के क्षेत्रफल का अनुमान या नाप किसी वर्गांकित कागज से नापा जा सकता है। तब वायुमण्डल की दाब को किलोग्राम/सेंटीमीटर में ज्ञात किया जा सकता है। वायुमण्डलीय उत्क्षेप (अपथ्रस्ट) कितना बोझ सम्भाल सकता है, इसका पता पम्प के हत्थे में विविध भारों को लटका कर लगाया जा सकता है। भार लटकाने के लिए पम्प के हत्थे में लकड़ी की डाट ठोंक कर उसमें पेंचदार हुक लगा देनी चाहिए।

च. यह दिखाना कि पम्पों में वायुदाब का उपयोग किस प्रकार होता है

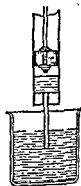
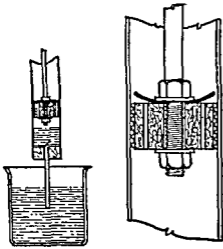
1. विभिन्न वायुदाबों के कारण डिब्बे से पानी बलपूर्वक बाहर कैसे आ जाता है

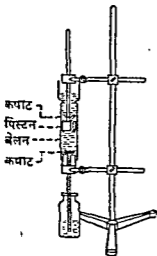
एक परीक्षण-नलिका में दो छेद वाली रबड़ की डाट लगाइए। एक छेद में एक काच की नलिका लगाइए जो परीक्षण-नलिका के भीतर लगभग उसकी पेंदी तक पहुंच जाए। परीक्षण-नलिका में पानी डालिए और कांच की नलिका के ऊपरी सिरे से मुह लगा कर चूसिए। देखिए क्या होता है? तब रबड़ की डाट के खुले छेद को कस कर बन्द करिए और फिर काच की नलिका में मुह लगा कर चूसिए। देखिए क्या होता है? दोनों में अन्तर क्यों है?

2. एक साधारण पिचकारी

कांच या धातु की नलिका से एक साधारण पिचकारी बनाइए (लोहे का पानी वाला पाइप या बिजलीवाहिनी नलिका से काम लीजिए)। दो काग और धातु की एक छोटी-सी छड़ भी चाहिए। जिस काग से पिस्टन का काम लेना हो, उस पर सूत या लत्ता लपेटना चाहिए ताकि वह पिचकारी में कस कर चले। दूसरे काग में छेद करके काच या शरबत पीने की नलिका या बाम लगा देना चाहिए। इधर से पानी पिचकारी में घुसेगा।

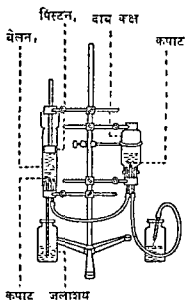
3 उत्थापक पम्प

पिचकारी में थोड़ा-बहुत फेर-बदल करके एक साधारण उत्थापक पम्प बनाया जा सकता है। इसके लिए पिस्टन में तप्त सलाई से दो छेद करिए और इन छेदों के ऊपर चमड़े का एक पतला टुकड़ा या रबड़ लगा दीजिए। यह टुकड़ा कपाट (वाल्व) का काम करेगा। जब पिस्टन ऊपर जाएगा तब कपाट बन्द हो जाएंगे, परन्तु उसके नीचे आते समय इन छेदों द्वारा पानी ऊपर चढ़ाया जा सकेगा।

4. लैम्प-चिमनी से बनाया गया उत्थापक पम्प

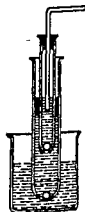
एक ऐसी चिमनी लीजिए जिसकी दीवारें सीधी हों अर्थात् चिमनी बेलनाकार हो। इसे पम्प के बेलन (सिलिण्डर) की तरह इस्तेमाल करिए। पिस्टन बनाने के लिए चिमनी में दो छेदों वाला एक काग लगाइए। यदि काग कुछ ढीला हो तो उस पर सूत या लत्ता लपेटिए ताकि वह कस कर चले। यदि काग कुछ बड़ा हो तो उसे रेगमाल (बालू के कागज) पर घिस कर छोटा किया जा सकता है। पिस्टन-छड के लिए काग के एक छेद में लोहे या पीतल की छड डालिए। काग के दूसरे छेद के ऊपर रबड़ या पुराने जूते से काटे हुए नरम चमड़े का लचीला ढक्कन लगा दीजिए। यही पिस्टन का कपाट (वाल्व) होगा। इसे अपनी जगह पर टिकाने के लिए काग में एक छोटी कील ठोक दीजिए।

चिमनी के निचले सिरे में एक ऐसी डाट कसिए जिसमें एक छेद हो। इस छेद में 50 सेंटीमीटर लम्बी नलिका लगा कर कसिए। इस डाट के छेद के ऊपर भी रबड़ या नरम चमड़े का एक कपाट (वाल्व) लगाइए। यह पाद-कपाट (फुट वाल्व) हुआ। किसी बरतन में पानी डालिए। पिस्टन के ऊपरी भाग पर कुछ पानी डाल कर पम्प तैयार करिए। पिस्टन के ऊपर जाते और नीचे उतरते समय कपाटों को ध्यान से देखिए। वायुदाब किस प्रकार पम्प के काम में सहायता पहुचाती है?

5. लैम्प-चिमनी से बनाया गया फ़ोर्स-पम्प

ऊपर बताए गए उत्थापक पम्प में पिस्टन के बदले एक छेद वाली एक डाट लगाइए। इस छेद में पिस्टन दण्ड को कस कर लगाइए। चिमनी की पेंदी में दो छेद वाली डाट लगाइए। एक छेद में 50 सेंटीमीटर की कांच की नलिका लगाइए और उसके ऊपर एक कपाट (वाल्व)। अब की एक बोतल में दो छेदों की कांच वाली डाट कस कर लगाइए। प्रत्येक छेद में कांच की एक छोटी नलिका रहे, जो डाट की पेंदी की सतह तक ही पहुचे। एक छेद पर कपाट (वाल्व) लगा दीजिए। पम्प को किसी वलयधानी में कस कर लगा दीजिए। पूर्वोक्त बोतल को भी उसी धानी पर औंधा कस दीजिए (अर्थात् उसका मुह नीचे रहे)। वलयधानी में दो मन्धर लगाइए —एक मन्धर बोतल की डाट को नीचे से पकड़े और दूसरा बोतल की गरदन को ऊपर से। इससे बोतल मजबूती से अपने स्थान पर टिकी रहेगी। अब पम्प की निकास-नलिका को (जिस पर कपाट नही है) बोतल की आगम-नलिका से (जिस पर कपाट है) रबड़-नलिका द्वारा जोड़िए। बोतल (दाब-कक्ष) की निकास-नलिका में नली का एक टुकडा लगा दीजिए, जिसके सिर पर तुण्ड (नाजल या जेट) रहे, उदाहरणार्थ दवा टपकाने की नलिका। पम्प में पानी डाल कर उसे काम के लिए तैयार करिए और देखिए कि आप पानी को कितनी दूर फेंक सकते हैं। कपाटों

को ध्यान से देखिए। काम करते समय पम्प में वायु किस प्रकार काम करती है? उत्थापक पम्प से यह पम्प किस प्रकार भिन्न है? इस पम्प का उपयोग किस काम के लिए किया जा सकता है?

6. परीक्षण-नलिका का फ़ोर्स-पम्प

इस उपकरण को बनाने के लिए एक परीक्षण-नलिका की पेंदी को छोटी लौ पर गरम करिए और फूंक कर एक छेद बना लीजिए। इस प्रकार की दो परीक्षण-नलिकाएं लीजिए और उनमें एक-एक छर्रा या गोली डाल कर कपाट बनाइए।

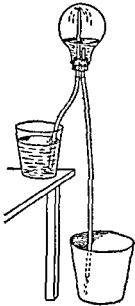
यदि भीतरी परीक्षण-नलिका पर सूत या लत्ता लपेट दिया जाए और चित्र में दिखाए गए ढंग से उसमें काग और नलिका लगाई जाए तो वह फ़ोर्स-पम्प के पिस्टन का काम देगी। सूत लपेटने से भीतरी नलिका बाहरी नलिका के भीतर कस कर काम कर सकेगी।

छ. यह दिखाना कि साइफन में वायुदाब का क्या उपयोग होता है

1. सरल साइफन

दो लम्बी बोतलें लीजिए और प्रत्येक को पानी से लगभग आधा भर दीजिए। अब तीस-तीस सेंटीमीटर लम्बी दो काच-नलिकाएं लीजिए और उन्हें 30 सेंटीमीटर लम्बी रबड़ अथवा प्लास्टिक की नलिका से आपस में जोड़ दीजिए। नलिका को पानी से भर दीजिए और चुटकी से (बीच में) दबा लीजिए। किनारे की दोनों काच-नलिकाओं को एक-एक बोतल में डाल दीजिए। बोतलों की ऊंचाई घटा-बढ़ा कर पानी को एक बोतल से दूसरी में साइफन करते रहिए। यदि स्याही से पानी को रंगीन कर दिया जाए तो प्रयोग अधिक अच्छा होता है। दोनों बोतलों को मेज़ पर रख दीजिए। क्या साइफन अब भी चालू है? आप समझ सकते हैं कि वायुदाब किस प्रकार साइफन के कार्य में सहायता पहुंचाता है?

2. साइफन का फव्वारा

काच के बरतन में (पुरानी बिजली-बत्ती के बल्ब से काम चल सकता है) दो छेद वाले रबड़ की डाट लगाइए। एक छेद में चंचुमुखी नलिका (जेट ट्यूब) लगाइए, जो बरतन (बल्ब) के भीतर, उसकी आधी लम्बाई तक, पहुंच जाए और डाट के बाहर लगभग 2 सेंटीमीटर निकली रहे। दूसरे छेद में कांच-नलिका का छोटा टुकड़ा उतने ही नीचे तक डालिए कि उसका सिरा डाट की पेंदी की सतह तक ही पहुंचे परन्तु बाहर की ओर वह 2 सेंटीमीटर के लगभग निकला रहे। चंचुमुखी नलिका में एक 20 सेंटीमीटर लम्बी रबड़-नलिका जोड़ दीजिए। दूसरी नलिका में 1 मीटर लम्बी रबड़-नलिका जोड़िए। बरतन (बल्ब) में थोड़ा पानी डालिए, डाट लगाइए और रबड़-नलिका को मेज़ पर रखे पानी के बरतन में डाल दीजिए तथा लम्बी नलिका के सिरे को भूमि

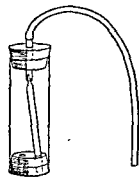
पर रखी खाली बाल्टी में डाल दीजिए। यदि मेज पर रखे बरतन के पानी को स्याही से थोड़ा रंग दिया जाए, तो फव्वारा अधिक अच्छा दिखाई पड़ेगा। आप एक दुहरा साइफन फव्वारा बना सकते हैं। इसके लिए एक दूसरे उपकरण को ठीक पहले जैसा बनाइए और दोनों को एक साथ सम्बद्ध कर दीजिए।

3. स्वयंचल (सेल्फ-स्टार्टिंग) साइफन

काच अथवा प्लास्टिक की एक छोटी नलिका लीजिए, जिसका व्यास लगभग 2.5 सेंटीमीटर और लम्बाई 8 से 10 सेंटीमीटर तक हो। एक सिरे में एक छेद वाली एक डाट लगाइए। इस छेद में एक छोटी काच-नलिका लगाइए, जो डाट के नीचे भीतर की ओर लगभग 1 सेंटीमीटर निकली रहे। बडी नलिका के दूसरे सिरे पर दो छेद वाली डाट लगाइए। इन छेदों में से एक में एक चचुमुखी नलिका लगाइए जो बडी नलिका के भीतर नीचे से घुस कर ऊपर के एक छेद वाली डाट में लगी नलिका के मुह में चली जाए। एक छेद वाली डाट में लगी नलिका के बाहरी सिरे पर एक लम्बी रबड की नलिका जोड दीजिए। अब मेज पर पानी से भरी एक बाल्टी रखिए और इस उपकरण को उससे एकदम पूरा डुबा दीजिए और लम्बी रबड-नलिका के दूसरे सिरे को भूमि पर रखी खाली बाल्टी में डाल दीजिए। कुछ समंजन (एडजस्टमेण्ट) करने के बाद साइफन अपने आप चालू हो जाएगा।

ज. संपीडित वायु के प्रभावों को दिखाना

1. वायु की प्रत्यास्थता (कमानी की तरह होने के गुण)

एक साइकिल पम्प लीजिए और उसकी निकास-नलिका के मुख पर अपना अंगूठा रखिए। अब पिस्टन को बलपूर्वक भीतर घुसा कर तुरन्त छोड़ दीजिए। क्या होता है? क्या कारण है?

2. संपीडित वायु वाला धाराकर्षी बनाना

एक बड़ी, परन्तु संकरे मुंह वाली, बोतल लीजिए, अर्थात् वैसी बोतल जैसी सोडावाटर या लेमनेड की होती है। बोतल में एक छेद वाली डाट लगाइए। डाट के छेद में 10 सेंटीमीटर लम्बी काच-नलिका लगाइए और कांच-नलिका के सिरे को (तप्त करके और) खींच कर चचुमुखी (जेट) बना दीजिए। चंचुमुखी नलिका के निचले सिरे पर एक छोटी रबड़-नलिका द्वारा दूसरी कांच-नलिका जोड़ दीजिए। दूसरी काच-नलिका इतनी लम्बी हो कि वह लगभग बोतल की पेंदी तक पहुच सके। बोतल में लगभग आधा पानी भर दीजिए। कस कर डाट लगा दीजिए और अपनी अंगुलियों से दबाए रहिए ताकि कहीं वह बाहर न निकल पड़े। अब बोतल के भीतर जोर से फूंक मारिए। जब फूंक मारना बन्द करें तो बोतल का मुह अपने से दूसरी ओर रखिए। क्या होता है?

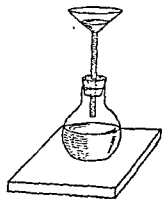
3. संपीडित वायु से फिटफिटी (पाप-गन)

1 या 2 सेंटीमीटर व्यास की और 15 या 20 सेंटीमीटर लम्बी काच अथवा प्लास्टिक की सीधी नलिका लीजिए। पेंसिल पर धागा लपेट कर पिस्टन बनाइए। पिस्टन नलिका में कस कर चले। नलिका के अन्त में छोटा काग लगा दीजिए और पिस्टन को शीघ्रता से भीतर धकेलिए।

4. संपीडित वायु की सहायता से बोझ उठाना

फुटबाल या बास्केट बाल का ब्लैडर निकाल लीजिए और उसे मेज पर रखिए। ब्लैडर पर कुछ पुस्तकों को एक-पर-एक करके रख दीजिए और तब ब्लैडर के भीतर हवा फूंकिए।

5. 'भड़क' बोतल (बर्प बाटल)

एक बोतल या फ्लास्क में एक छेद वाली डाट लगाइए और उसमें एक कीप लगा दीजिए। डाट को बोतल में अच्छी तरह कस दीजिए और तब

कीप में पानी छोड़िए। बोतल नियमित रूप से रह-रह कर 'भड़क' उठेगी।

झ. वायुदाब को घटाने वाले कुछ परिणामों को दिखाना

1. वायु दाब की सहायता से पानी को उठाना

परीक्षण-नलिका में थोड़ा पानी डाल कर उसमें एक छेद वाला काग लगाइए। काग के छेद में कांच की नलिका लगाइए। अब पानी को उबालिए ताकि परीक्षण-नलिका की सब हवा निकल जाए। तब उसे इस तरह उलटिए कि उसका खुला मुह किसी बर्तन में रखे पानी की सतह के

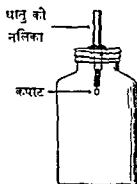
नीचे हो जाए। वायुमण्डलीय दाब पानी को ऊपर फेंक देगी और परीक्षण-नलिका प्रायः भर उठेगी।

2. सरल निर्वात पम्प बनाना

साइकिल या मोटरकार का हाथ पम्प लीजिए। पम्प को खोल कर पिस्टन निकाल लीजिए। उस बोल्ट को खोल डालिए जो चमड़े के वाशरों को कसे रहता है। वाशरों को अब उल्टी दिशा में लगाइए (अर्थात् कटोरीनुमा वाशर का मुंह, जो पहले नीचे था, अब ऊपर हो जाए)। पिस्टन पर वाशर कस दीजिए और उसे पम्प के सिलिण्डर में डालिए। इस तरह का पम्प निर्वात (वैक्युअम) सम्बन्धी कई-एक सरल प्रयोगों में काम देगा।

3. निर्वात से सम्बन्धित प्रयोगों के लिए संग्राही बनाना

कांच का एक बड़ा बरतन लीजिए, जिस पर एक

वायु-अभेद्य पेचदार ढक्कन हो, उदाहरणार्थ वह जार जिसमें फल संरक्षित किए जा सकते हैं। ढक्कन में बर्मी से एक छेद करिए और उस छेद में धातु की छोटी-सी नलिका टांके से झलवा लीजिए किन्तु उसका जोड़ वायु-अभेद्य रहे। इस नलिका के नीचे वाले सिरे में कार के पहिए की भीतरी रबड़ नली के कपाट (वाल्व) को उल्टा करके झलवा लीजिए।

4. गुब्बारे से एक प्रयोग

रबड़ के एक छोटे-से गुब्बारे में कुछ हवा भरिए और उसका मुह रबड़ के धागे से (या साधारण धागे से) बाध कर बन्द करिए। इस गुब्बारे को अपने संग्राही में रख दीजिए और पम्प की सहायता से कुछ हवा निकालिए।

5. बोतल और काग से एक प्रयोग

एक शीशी को काग या रबड़ की डाट से कस कर बन्द कर दीजिए। इस शीशी को संग्राही के भीतर रख दीजिए और अपने पम्प की सहायता से कुछ हवा निकालिए। क्या होता है? इसका कारण क्या है?

6. वायुदाब को घटा कर पानी को चलाना

दो शीशियां लीजिए। एक पानी से आधी भरिए और इसमें एक छेद वाली डाट लगा दीजिए। छेद में कांच-नलिका लगाइए, जो लगभग शीशी की पेंदी तक पहुचती हो। नलिका के बाहरी सिरे पर रबड़-नलिका जोड़ दीजिए और उसके दूसरे सिरे को दूसरी शीशी में डाल दीजिए। इन दोनों शीशियों को संग्राही के भीतर रखिए और पम्प से इनकी कुछ हवा खींच लीजिए। क्या होता है? इसका क्या कारण है? आप चाहें तो पानी को स्याही से रंग सकते हैं।

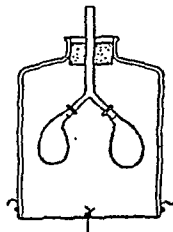
7. गुब्बारे पर दूसरा प्रयोग

शीशी (या छोटी बोतल) के मुंह पर रबड़ का गुब्बारा खींच कर लगा दीजिए (और गुब्बारे के मुह को धागे से कस कर बांध दीजिए)। उसे अब संग्राही में रखिए और पम्प से कुछ हवा निकाल लीजिए। क्या होता है? इसका क्या कारण है?

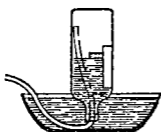
ञ. मानव-शरीर में वायु

1. फेफड़े कैसे काम करते हैं

किसी बड़ी बोतल की पेंदी काट डालिए (पृष्ठ 281 पर इसकी विधि देखिए)। मुह में काग कस कर लगाइए। काग में Y की आकृति वाली एक तीन-मुंही नलिका लगाइए। इस नलिका की शाखाओं पर रबड़ के छोटे-छोटे गुब्बारे या ब्लैडर बांधिए।

बड़े बरतन की पेंदी पर मजबूत बादामी कागज या रबड़ की चादर बांध दीजिए। इसके बीच में एक महीन छेद रहे। उसमें धागा डाल कर गांठ लगा दीजिए और छेद को लाख से बन्द कर दीजिए। इस धागे को खींचने से पर्दा (अर्थात् पूर्वोक्त कागज या रबड़) नीचे खिंच जाता है और Y की आकृति वाली नलिका के मुंह से होकर हवा भीतर घुसती है तथा उसमें गुब्बारे फूल जाते हैं।

पर्दे को ऊपर की ओर दबाने का परिणाम उल्टा होता है ।

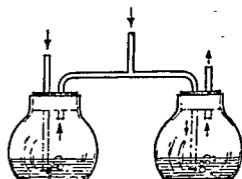
2. फेफड़े के भीतर की वायु के आयतन को नापना

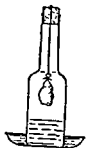
एक बोतल में पानी भर कर उसको इस प्रकार उलटिए कि उसका मुह बाल्टी (या अन्य बरतन) में रखे हुए पानी की सतह के नीचे हो जाए । कांच या रबड की नलिका का एक सिरा बोतल के भीतर डाल दीजिए और पूरा सास खीच कर बोतल के भीतर अपने फेफड़ों की पूरी हवा फूक दीजिए ।

बाल्टी अथवा अन्य बरतन में पानी डाल कर अथवा बोतल को और नीचे डुबा कर ऐसी व्यवस्था करिए कि बोतल के भीतर की वायु-दाब वायुमण्डल की दाब के बराबर हो जाए (अर्थात् भीतर और बाहर के पानी के तल एक समतल में आ जाएं) । बोतल के पार्श्व पर एक चिप्पी चिपका दीजिए । बोतल को उठा लीजिए और इसकी नाप करिए कि इस चिह्न तक भरने के लिए जितना पानी आवश्यक होगा, उसका आयतन कितना होगा ।

3. सांस छोड़ते समय जो वायु निकलती है, उसमें कार्बन डाइ-आक्साइड होती है

दो फ्लास्को को इस प्रकार सम्बद्ध किया जाता है कि जब आप T आकृति वाली नली द्वारा सांस लेते या छोडते हैं तो सारी हवा फ्लास्कों में रखे हुए चूने के पानी में बुलबुले छोड़ती हुई आती या जाती है । एक नलिका को सास लेते समय अंगुली से बन्द कर दिया जाता है और दूसरी को सांस छोड़ते समय ।

ट. वायु के कुछ रासायनिक गुणों का अध्ययन

1. इस्पात का घूआ (स्टील वूल, जो लोहे को खराद पर काटने से उत्पन्न होता है) लीजिए और उसे दबा कर एक गोली बना लीजिए । गोली पर लगे हुए तेल को साफ करने के लिए उसे पैट्रोल, बेनजीन या कार्बन टेट्राक्लोराइड (कार्बोना) मे धो डालिए । उसे निचोड लीजिए और तब खीच-तान कर उसे कुछ बड़ा कर लीजिए या फुला लीजिए । जब वह सूख जाए तो उसे एक फ्लास्क में रख दीजिए, जिसमे एक छेद की डाट लगी हो । छेद में 40 सेंटीमीटर लम्बी कांच की नलिका लगी रहे । इस फ्लास्क और नलिका को पानी की बोतल मे इस तरह खड़ा कर दीजिए कि नलिका का मुह पानी में डूबा रहे । कुछ घंटे तक देखते रहिए । क्या होता है ? इसका कारण क्या है ?

2. ऊपर के प्रयोग को फिर से करिए, परन्तु इस बार इस्पात के घूए को परीक्षण-नलिका या छोटे बरतन की पेंदी में ठूंस दीजिए और परीक्षण-नलिका आदि को पानी में औंधा कर दीजिए। 24 घंटे तक पड़ा रहने दीजिए। आप क्या देखते हैं? परीक्षण-नलिका (या छोटे बरतन) की कितनी हवा निकल जाती है या उसमें कहां तक पानी चढ़ जाता है? प्रयोग के बाद इस्पात के घूए का रूप कैसा हो गया? ऐसा क्यों हुआ?

3. लोहे की कील या कांटी को कपड़े में बांध कर लैम्प-चिमनी के ऊपरी किनारे में लगे हुए काग से लटका दीजिए। चिमनी को पानी की तश्तरी में खड़ा रखिए। कुछ समय बाद पानी नलिका में चढ़ जाएगा।

4. इस्पात की पटरी या लोहे की छड़ को छुरी की धार पर सन्तुलित करिए, एक सिरे पर पीतल का बटखरा या पत्थर रखना चाहिए। इसे कुछ दिनों तक नम वायु में (या बरसात में) खिड़की के पास रख छोड़िए और यह देखिए कि उत्तोलक (लिवर) की लम्बी भुजा पर जंग लगने का क्या परिणाम होता है।

5. यह सिद्ध करना कि किसी भी वस्तु के जलने के लिए आक्सीजन आवश्यक है, जटिल उपकरणों की सहायता के बिना साध्य नहीं होता। तो भी अनेक प्रयोगों के द्वारा यह सिद्ध होता है कि दहन (कम्बस्चन) जारी रखने के लिए ताजी हवा बराबर देते रहना आवश्यक है। यदि इन प्रयोगों के परिणाम सावधानी से निकाले जाएं और उनके आधार पर बहुत व्यापक नियम न बनाए जाएं तो ये प्रयोग वैज्ञानिक प्रवृत्ति बनाए रखेंगे और सन्तुलित विचार करने के स्वभाव के विकास में सहायता पहुंचाएंगे। जब उपयुक्त पृष्ठभूमि इस प्रकार स्थापित हो जाए तो दहन में आक्सीजन का काम समझाया जा सकता है।

कई मोमबत्तियां लीजिए और इनको खड़ी रखने के लिए उनमें गत्ते की पेंदी लगा दीजिए। इसके लिए नई अथवा पुरानी मोमबत्ती के दो-दो या तीन-तीन इंच के टुकड़े कर डालिए और प्रत्येक के एक सिरे को छील दीजिए, जिसमें बत्ती लगभग चौथाई इंच बाहर निकल आए। एक मोमबत्ती जलाइए और उसे तिरछा करके रखिए, जिससे पिघला मोम टपक पड़े। गत्ते के टुकड़ों के बीचों-बीच तीन-तीन या चार-चार बूंद मोम टपकाइए। जब तक मोम कड़ा न हो जाए, छोटी मोमबत्तियों को इन पर दबाए रहिए।

गत्ते पर जमाई गई एक मोमबत्ती को जला कर उस पर कांच का कोई बरतन उल्टा रख दीजिए। जब बत्ती बुझ जाए तो छात्रों से पूछिए कि इससे क्या परिणाम निकला। ऐसे निष्कर्षों को न स्वीकार करिए, जिनको प्रत्यक्ष साधनों से सिद्ध न किया जा सके। जब कई निष्कर्ष सुझाए जा चुकें तो उन्हें इस परिणाम का कारण यह बताइए कि मोमबत्ती छोटे-से बन्द स्थान में जलती हुई नहीं रह सकती।

6. चार छात्रों से कहिए कि जैसे ही उन्हें संकेत मिले, वे कांच के चार बरतनों को चार जलती हुई मोमबत्तियों पर औंधा रख दें। बरतन छोटे से लेकर बड़े तक हों, जैसे आधे पाइंट का, एक पाइंट का, एक क्वार्ट का और एक गैलन का; या इसी प्रकार कोई अन्य माप-क्रम भी इस्तेमाल किया जा सकता है। इस प्रयोग से निष्कर्ष निकालने में शिक्षक और छात्रों को सावधानी बरतनी चाहिए।

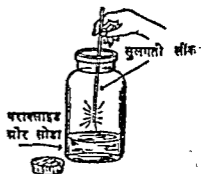
7. किसी कम गहरे बरतन की पेंदी में मोम पिघला कर उसमें मोमबत्ती चिपकाइए। बरतन में 2.5 सेंटीमीटर या 3 सेंटीमीटर तक पानी डालिए। मोमबत्ती को जला कर उस पर छोटा, सीधी दीवारों वाला कांच का बरतन औंधा रख दीजिए। जब प्रयोग समाप्त हो जाए तो पैमाने से देखिए कि पानी कितना ऊपर चढ़ा है। विभिन्न नापों के बरतनों से इस प्रयोग को बार-बार करिए। आप क्या देखते हैं? इसका क्या कारण है?

8. एक छोटी प्रज्वलन-नलिका (इग्निशन ट्यूब) (*अथवा साधारण छोटी नलिका का एक सिरा बन्द करके 5 सेंटीमीटर की एक परीक्षण-नलिका बना लीजिए*) में आधी दूरी तक पोटासियम परमैंगनेट भर दीजिए। इसमें निकास-नलिका (डिलिवरी ट्यूब) जोड़ने के बाद इसे खूब तप्त कीजिए। इससे आक्सीजन गैस निकलेगी, जिसे गहरी तश्तरी (या थाली) के पानी के ऊपर संचित किया जा सकता है।

9. पांच भाग पोटासियम क्लोरेट और एक भाग मैंगनीज डाइ-आक्साइड मिला कर उसी उपकरण में गरम करने से भी, जिसका उपयोग प्रयोग-8 में किया गया था, आक्सीजन बनाई जा सकती है।

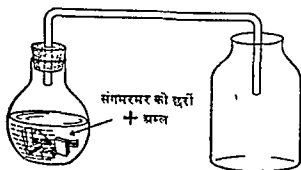
10. एक 100 मिलीलिटर की बोतल लीजिए और उसमें लगभग 25 मिलीलिटर हाइड्रोजन पराक्साइड डालिए (साधारण दवाखानों वाला, या—विदेश में—बिसातियों के यहां बिकने वाला पराक्साइड अच्छा काम देता है, परन्तु केश को विरंजित करने के लिए जिस पराक्साइड से काम लिया जाता है, उससे अधिक आक्सीजन निकलती है)। बोतल में एक चम्मच मैंगनीज डाइ-आक्साइड भी डालिए और ढीला काग लगा कर उसे कुछ मिनटों तक पड़ा रहने दीजिए। जो नन्हे-नन्हे बुलबुले पराक्साइड से उठते हैं, वे आक्सीजन के हैं।

इसकी परीक्षा के लिए कि बोतल के भीतर की गैस आक्सीजन है या नहीं, एक लम्बी-सी सींक लीजिए और उसका सिरा जला कर ज्वाला को बुझा दीजिए। बोतल से काग हटा दीजिए और सुलगती हुई सींक को बोतल के भीतर की गैस में डालिए। सींक की लौ अधिक प्रज्वलित हो जाएगी।

हाइड्रोजन पराक्साइड से आक्सीजन निकालने के लिए मैंगनीज डाइ-आक्साइड के बदले साधारण बेकिंग सोडे का भी इस्तेमाल किया जा सकता है। परन्तु इसकी प्रतिक्रिया में कुछ समय अधिक लगता है (बेकिंग सोडा एक पाउडर है, जिसमें क्रीम ऑफ टार्टार और सोडियम बाइ-कार्बोनेट आदि पड़ा रहता है और पाव रोटी बनाने के मैदे में यीस्ट के बदले बहुधा बेकिंग सोडा भी डाला जाता है)।

11. लोहे के बहुत महीन तारों को ऐंठिए और उस सिरे को लौ में तब तक गरम करिए जब तक कि वह चमकने न लगे। तब इसे तुरन्त आक्सीजन-सी वाली बोतल में डाल दीजिए और देखिए कि लोहे के तार कैसे जलने लगते हैं। यदि तार के सिरे पर जरा-सा पिसा गन्धक लगा दिया जाए तो तार आग जल्द पकड़ेगा।

12. धातु की तश्तरी में थोड़ा-सा इस्पात का महीन धूआ (स्टील वूल) रखिए और दियासलाई से उसमें आग लगाइए। इस्पात जलने लगेगा क्योंकि यह बहुत बारीक धज्जियों के रूप में है और आक्सीजन-सी, जो वायु में व्याप्त रहती है, इस धूए के अधिक-से-अधिक तल को स्पर्श करती है।

13. तार के सिरे पर थोड़ा इस्पात का धूआ बांधिए। किसी ज्वाला में रख कर उसमें आग लगाइए और तब इसे तुरन्त आक्सीजन की बोतल में डाल दीजिए। आप देखेंगे कि हवा की अपेक्षा आक्सीजन में यह अधिक शीघ्रता से जलता है।

14. कार्बन डाइ-आक्साइड को बकिंग सोडा या संगमरमर की छर्रो तथा तनु अम्ल (डाइल्यूट) से तैयार किया जा सकता है। इसको संचित करने का ढंग यह है कि गैस को सूखी बोतलों या डिब्बों में जाने दिया जाए और तब उनके मुंह को गत्ते से ढक दिया जाए।

15. एक जलती हुई सींक (या लकड़ी) को कार्बन डाइ-आक्साइड से भरी बोतल में डालिए। क्या कार्बन डाइ-आक्साइड गैस चीज़ों का जलने में सहायता देती है?

16. कांच के अमृतबान में पिघली मोम सहित एक मोमबत्ती रखिए। मोमबत्ती को जलाइए और जलती मोमबत्ती वाले अमृतबान में एक-दूसरे अमृतबान में कार्बन डाइ-आक्साइड उंडेलिए। इससे कार्बन डाइ-आक्साइड के घनत्व के बारे में क्या पता लगता है?

17. थोड़ा चूना लीजिए और उसे पानी में घला कर चूने का साफ पानी तैयार करिए। मिश्रण को एक दिन तक स्थिर पड़ा रहने दीजिए और उसके ऊपर के स्वच्छ पानी को साइफन द्वारा निकाल लीजिए। इस को चूने का पानी कहते हैं। प्रयोग-14 में प्रयुक्त जनित्र (जेनेरेटर) की सहायता से कुछ कार्बन डाइ-आक्साइड को स्वच्छ चूने के पानी में से बुलबुला छोड़ते हुए निकलने दीजिए। आप क्या देखते हैं? कार्बन डाइ-आक्साइड की उपस्थिति जानने के लिए इसके द्वारा रासायनिक परीक्षण किया जाता है।

18. कांच के बरतन के भीतर एक मोमबत्ती जलाइए। जब वह बुझ जाए तो उसे बाहर निकाल लीजिए और बरतन में थोड़ा चूने का पानी डालिए। बरतन को अच्छी तरह हिलाइए और ध्यान से देखिए। आप क्या देखते हैं? मोमबत्ती के जलने से जो पदार्थ बने हैं, उनमें से एक पदार्थ क्या है? जलती लकड़ी या कागज का इस्तेमाल करके प्रयोग को दोहराइए।

19. जलती हुई मोमबत्ती, जलती लकड़ी और जलते कागज को ठण्डे चमकदार बरतन के सम्पर्क में (थोड़ी देर के लिए) आने दीजिए। आप क्या देखते हैं? बरतन पर दिखाई पड़ने वाला पदार्थ क्या हो सकता है? एक पतीली में ठण्डा पानी रख कर और उसकी पेंदी को पोंछ कर पतीली को गैस या मिट्टी के तेल के स्टोव पर रखिए। क्षण भर के बाद उसे आंच से उतार कर उसकी पेंदी देखिए। जलती मोम, लकड़ी या कागज से एक अन्य पदार्थ क्या बनता है? क्या यह भी वही पदार्थ है?

20. अग्निशामक यन्त्र की एक प्रतिकृति स्याही की शीशी लेकर बनाई जा सकती है।

शीशी में काग और नलिका लगा दीजिए और सोडियम कार्बोनेट के घोल से इसे आधा भर दीजिए। अब दवा की गोलियों वाली एक छोटी शीशी में सल्फ्यूरिक अम्ल रखिए और उसे सावधानी से पूर्वोक्त घोल में तैरा दीजिए।

जब यन्त्र को चलाना हो तो बोतल को हिलाइए। इससे अम्ल बाइकार्बोनेट में मिल जाएगा और कार्बन डाइ-आक्साइड गैस निकलने लगेगी।

अम्ल के बदले अगर अल्मीनियम सल्फेट का उपयोग किया जाए और विशेष कर यदि उसमें थोड़ा साबुन का घोल भी मिला दिया जाए, तो उससे फेन निकलता है।

ठ. वायुधाराओं से सम्बन्धित प्रयोग

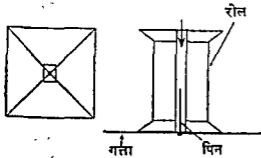
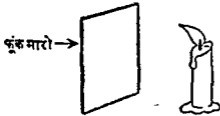
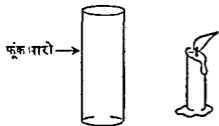
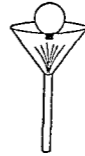
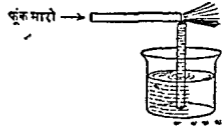
जब हवा बह रही हो तो जिस ओर धारा का वेग अधिक हो, वहां वायुदाब कम, और जिधर वेग कम हो, वहां वायुदाब अधिक होती है। निम्नलिखित प्रयोग इसी सिद्धान्त पर आश्रित है :

1. दो सेब, नारंगी या पिंग-पांग खेलने की गेंदों को तागों से लटका दीजिए। धागा कम-से-कम एक मीटर लम्बा रहे। लटकाई गई वस्तुएं एक ही ऊंचाई में रहें और उनके बीच की दूरी 10 या 15 सेंटीमीटर हो। इन वस्तुओं के बीच वायु की एक वेग की धारा बराबर बहाइए और देखिए कि क्या होता है। वायु की धारा सबसे अधिक वेग से कहां बह रही थी? दाब कहां कम हुई? आपने जो देखा, उसका कारण क्या है?

2. कीप के भीतर एक पिंग-पांग की गेंद रखिए। कीप की निचली नलिका मुह में लगा कर जोर से हवा फूंकिए और चेष्टा करिए कि गेंद उड़ जाए। कीप को उलट दीजिए और अंगुली से सहारा देकर गेंद को उसी के भीतर कर दीजिए। कीप की नलिका में जोर से हवा फूंकिए और देखिए कि नीचे से हाथ का सहारा हटा लेने से क्या होता है। गेंद को मेज़ पर रखिए। उसे कीप से ढक दीजिए। कीप-नलिका में हवा फूंकिए और देखिए कि इस प्रकार आप गेंद को मेज़ पर से उठा सकते हैं या नहीं। जो कुछ आपने देखा, उसका क्या कारण हो सकता है? (यदि पिंग-पांग की गेंद न मिले तो प्लास्टिक की हल्की गेंद से भी काम चल जाएगा)।

3. 20 सेंटीमीटर × 10 सेंटीमीटर के पतले गत्ते या कड़े कागज़ से एक पुलिया बनाइए। इसके लिए प्रत्येक सिरे से लगभग 2 सेंटीमीटर चौड़े भाग को नीचे की तरफ मोड़ दीजिए। इस पुलिया को मेज पर रखिए और मेहराब में से फूंक कर इसे उड़ाने की चेष्टा करिए। जितने ही ज़ोर से आप फूंकेंगे, उतने ही अधिक ज़ोर से यह मेज पर चिपकेगा।

4. पतले गत्ते या कार्ड से लगभग 7 सेंटीमीटर भुजा का एक वर्गाकार टुकड़ा काटिए। कोनों को रेखाओं से मिलाइए, अर्थात् वर्ग के विकर्ण खींचिए, और जिस स्थान पर ये मिलें, वहां एक साधारण पिन कार्ड के आर-पार खोंस दीजिए। पिन के सर पर चिपकाऊ फीता लगा कर उसे निश्चल कर दीजिए। धागे की खाली रील पर इसे इस तरह रखिए कि कार्ड की पिन रील के छेद में चली जाए। छेद में बलपूर्वक फूंक कर कागज़

को रील से उड़ाने की चेष्टा करिए। रील और कार्ड को उलट दीजिए। एक अंगुली से सहारा देकर कार्ड को रील से हल्के-से चिपकाए रखिए। रील में हवा फूंकिए और अंगुली को हटा लीजिए। जो कुछ आप देखते हैं, उसकी व्याख्या आप कैसे करेंगे ?

5. एक मोमबत्ती जलाइए। इसे लगभग 5 सेंटीमीटर चौड़े गत्ते के पीछे रखिए। कार्ड पर ज़ोर से फूंकिए और देखिए कि ज्वाला किधर जाती है। आप जो देखते हैं, उसका क्या कारण बताएंगे ?

6. मेज पर जलती हुई मोमबत्ती रखिए। उसके सामने एक (बेलनाकार) बोतल रखिए। बोतल पर ज़ोर से फूंकिए और देखिए कि ज्वाला किधर जाती है।

7. एक कीप को वैक्युअम स्वीपर या किसी ऐसे पात्र के ऊपर रखिए जिसमें संपीडित वायु भरी हुई हो (वैक्युअम स्वीपर न मिले तो लोहार की भाथी भी ले सकते हैं)। गुब्बारे को फूक कर फुला लीजिए और उसकी गरदन पर थोड़ा तांबे का तार लपेट कर उसे भारी कर दीजिए। संपीडित वायु चालू कर दीजिए और वायुधारा में गुब्बारे को सन्तुलित करिए। गुब्बारे और कीप के बीच एक पिंग-पांग गेंद को भी सन्तुलित करने की चेष्टा करिए।

8. काच की दो नलिकाएं अथवा शरबत पीने की दो पारदर्शी नलिकाएं लीजिए। एक नलिका को पानी से आधे भरे गिलास में रखिए। दूसरी नलिका को इस तरह कहीं लगाइए कि वह पहले वाली नलिका के समकोण रहे। दोनों के मुंह के कोर एक-दूसरे को छूते रहें। समतल नलिका में मुंह लगा कर फूंकिए और दूसरी नलिका में पानी के स्तर को देखते रहिए। क्या हुआ ? इसका क्या कारण है ? कणीकारक (एटोमाइजर), डी० डी० टी० (कीटनाशक) का छिड़काव करने का यन्त्र या रोगन-फुहार (पेंट स्प्रेयर) भी इसी सिद्धान्त पर काम करता है।

9. कागज की लगभग 30 सेंटीमीटर लम्बी और 4 सेंटीमीटर चौड़ी एक पट्टी लीजिए। पट्टी के एक सिरे से लगभग 4 सेंटीमीटर हट कर कागज़ को मोड़ दीजिए। मोड़ का चिह्न अच्छी

तरह पड़ जाए। अब छोटे मुड़े भाग को अपनी ठुड्डी से सटा कर रखिए, मोड़ की रेखा लगभग आपके होठों की ऊंचाई पर रहे। कागज़ की ऊपरी सतह पर ज़ोर से फूंकिए और देखिए कि क्या होता है। इसका आप क्या कारण बताते हैं?

10. तेज़ चलती मोटरकार में से हाथ बाहर निकालिए, हथेली क्षैतिज रहे। तब हथेली को थोड़ा ऐंठिए, जिससे हथेली के सामने वाला भाग ज़रा ऊपर उठ जाए। अब वायुधारा आपकी हथेली को ऊपर उठाना चाहेगी।

11. चित्र में दिखाई गई रीति से कागज़ के एक टुकड़े को मोड़ कर और चिपका कर उसे वायुयान के पंख का-सा रूप दे दीजिए। इस कागज़ में पेंसिल या अन्य कोई चिकनी पतली बेलनाकार वस्तु डाल कर कागज़ को लटकने दीजिए। हवा की धार इस प्रकार फूंकिए कि वह अगले (मोटे) सिरे पर पड़े। आप क्या देखते हैं? क्या आप उठने का कारण समझा सकते हैं?

अध्याय—8

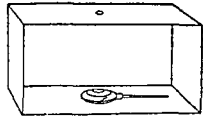
मौसम के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. मौसम सम्बन्धी यन्त्र और मौसम प्रेक्षणालय बनाना

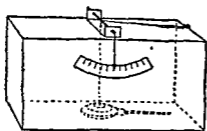
मौसम एक ऐसा विषय है जिससे हर एक बालक भलीभांति परिचित रहता है। प्राइमरी स्कूलों की छोटी कक्षाओं में प्रति दिन मौसम का अध्ययन किया जा सकता है। माध्यमिक कक्षाओं के लिए तो कक्षा में ही एक सरल मौसम प्रेक्षणालय बनाया जा सकता है। सामान्य विज्ञान का अध्ययन करते समय और उसके बाद मौसम सम्बन्धी घटनाओं के कारणों का अधिक ब्यौरे-वार अध्ययन किया जा सकता है।

1. निर्द्रव वायुदाब-मापी

एक सरल निर्द्रव वायुदाब-मापी लकड़ी के छोटे बक्स, जैसे सिगार बक्स, में अच्छी तरह आ सकता है। जिस ओर ढक्कन के कब्जे लगे हुए हैं, उस तरफ की बगल में 1 सेंटीमीटर व्यास का छेद करिए। दाबसूचक उपकरण के रूप में पृष्ठ 105 पर प्रयोग ड-5 में बताए गए कांच के बरतन का उपयोग किया जा सकता है। बरतन के मुंह पर एक पतला रबड़ खींच कर लगा देना चाहिए। इससे कुछ अच्छा यन्त्र प्लास्टिक या टीन की तेलदानी (आयल कैन) से बनाया जा सकता है।

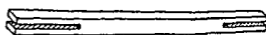
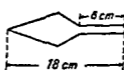
तेलदानी को दबाइए ताकि उसके भीतर की कुछ हवा बाहर निकल जाए, और तब उसके सिरे को (यदि प्लास्टिक की तेलदानी हो तो प्लास्टिक सीमेंट से और यदि टीन की तेलदानी हो तो टांके से) बन्द कर दीजिए। दाबसूचक उपकरण को पूर्णतया वायु-अभेद्य होना चाहिए, इसलिए, जब सीमेंट अथवा टांका कड़ा हो जाए तो तेलदानी को पानी में डुबा कर और दबा कर जांच करिए कि कहीं से हवा आती तो नहीं। यदि कोई ऐसा स्थान दिखाई पड़े तो कुछ हवा को दबा कर निकालने के बाद रन्ध्र को जोड़ दीजिए। इस दाबसूचक उपकरण को बक्स के भीतर चेप (घरेलू सीमेंट) से इस प्रकार चिपका दीजिए कि उसके गोल भाग का केन्द्र ठीक उस छेद के नीचे पड़े जो आपने बक्स की बगल में बनाया है।

30 सेंटीमीटर लम्बे (माड़ीदार) धागे को दियासलाई के एक छोटे टुकड़े में बांधिए और उस टुकड़े को दाबसूचक उपकरण में चेप से चिपका दीजिए। किसी टीन के डिब्बे से लगभग 1 सेंटीमीटर चौड़ी और 9 या 10 सेंटीमीटर लम्बी एक टीन की पट्टी काटिए। पट्टी के दोनों सिरों को समकोण बनाते हुए इस तरह मोड़िए कि दोनों सिरे लगभग 1.5 सेंटीमीटर लम्बे रहें।

पट्टी के दोनों ओर मुड़े सिरों में ऊपरी किनारों से कुछ हट कर बीच में कील से छेद कर दीजिए। ये छेद इतने बड़े हों कि उनके भीतर छोटी

कील या बुनने की पतली सलाई सुगमता से घूम सके। इस कील या सलाई के एक सिरे पर संकेतक (प्वाइण्टर) का काम करने के लिए सरेस से एक सींक चिपका दीजिए। अब धातु की पट्टी को बक्स के माथे पर इस तरह जड़िए कि कील या सलाई की धुरी छेद के ठीक ऊपर रहे। सींक सिगार की पीठ पर घूमे परन्तु उसे स्पर्श न करे।

अब दाबसूचक उपकरण में लगे धागे के सिरे को छेद में डाल कर ऊपर निकाल लीजिए। उसे सलाई या कील पर कई बार लपेट कर उसके सिर को रबड़ के छल्ले में बांध दीजिए। यह ध्यान रहे कि दाबसूचक उपकरण से धुरी तक लगा हुआ धागा तना रहे। रबड़ को केवल इतना ही खींचिए कि धागे में थोड़ा तनाव आ जाए और तब उसके सिर को सिगार बक्स के एक किनारे एक छोटी कील गाड़ कर उसमें बांध दीजिए। सम्भव है तनाव को घटाना-बढ़ाना पड़े।

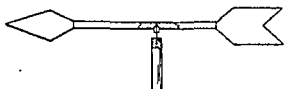
एक पैमाना बनाइए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, और उसे संकेतक के नीचे सिगार बक्स के ऊपर चिपका दीजिए। ऐसी व्यवस्था करिए कि संकेतक इस तरह स्थित हो जाए कि वह पैमाने के बिल्कुल बीच में रहे। अपने इस वायुदाब-मापी को ऐसे स्थान पर रखिए जहां से आप इसे पढ़ सकें। जब संकेतक अपनी स्थिति बदले तो रबड़ के तनाव को इस तरह घटाइए-बढ़ाइए कि संकेतक पैमाने पर उचित रीति से चले। पैमाने के दोनों ओर उचित दिशा में 'वृद्धि' और 'कमी' लिख दीजिए। यह वायुदाब-मापी बहुत सूक्ष्मदर्शी होता है और वायुदाब के परिवर्तनों को स्पष्ट सूचित करता है। निर्द्रव वायुदाब-मापी के अन्य प्रकारों के लिए अध्याय-7 पृष्ठ 104 देखिए।

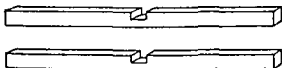
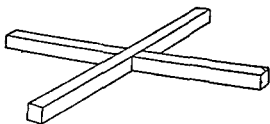
2. वात-दर्शक

वात-दर्शक वायु-प्रवाह की दिशा बताता है। 25 सेंटीमीटर लम्बा और चारों तरफ 2 वर्ग सेंटीमीटर चौड़ा लकड़ी का एक टुकड़ा लीजिए। इसके दोनों सिरों में आरी से 6 सेंटीमीटर गहरा चीर लगा दीजिए।

इसके बाद लकड़ी का एक पतला टुकड़ा लीजिए, जो 10 सेंटीमीटर चौड़ा हो और पूर्वोक्त चीरों में कस कर बैठे। इसके दो टुकड़े करिए, जिनमें से एक का आकार तीर के अग्र भाग की तरह और दूसरा तीर की पूंछ के समान हो। चित्र देखिए।

वात-दर्शक के सिर और पूंछ को पूर्वोक्त चीरों में लगा दीजिए और उन्हें या तो सरेस से या छोटी कीलों से जड़ दीजिए।

अब इस वात-दर्शक को छुरी की नोक पर सन्तुलित करिए और उस स्थान पर चिह्न लगा लीजिए जहां वह सन्तुलित होता है। इसके बाद एक ड्रापर (दवा टपकाने वाली नलिका) का कांच वाला भाग और उसके छोटे मुंह को स्पिरिट लैम्प अथवा गैस-ज्वाला में घुमा कर बन्द कर दीजिए। वात-दर्शक के सन्तुलन-बिन्दु पर उसकी मोटाई की तीन-चौथाई दूरी तक एक छेद कर दीजिए, जो ड्रापर से थोड़ा बड़ा हो। ड्रापर नली के छोटे सिरे को वात-दर्शक के छेद में डाल दीजिए और सरेस या पुटीन से उसे ठीक ढंग से जोड़ दीजिए।

अपने वात-दर्शक का आधारदण्ड बनाने के लिए कोई नरम लकड़ी लीजिए जो एक मीटर लम्बी

हो। उसके आखिरी सिरे में एक छोटी कील गाड़ दीजिए। कील के सिरे को रेती से नुकीला करिए। ड्रापर नली को इस कील पर रख दीजिए और अपने वात-दर्शक को किसी मकान के ऊपर या बल्ली पर लगाइए, जहां उसे सब दिशाओं से हवा लग सके।

3. पवन वेगदर्शी

हल्की लकड़ी के 50 सेंटीमीटर लम्बे और 1 सेंटीमीटर वर्ग के दो टुकड़े लीजिए। प्रत्येक टुकड़े के ठीक बीच मे 1 सेटीमीटर चौड़ा और लगभग 0.5 सेंटीमीटर गहरा खाचा काटिए।

फिर इन खाचों को एक-दूसरे मे ठोंकिए, जिससे उनका आकार स्वस्तिक भुजा के समान हो जाए।

ड्रापर नली का काच लीजिए और उसके छोटे सिरे के मुह को गैस या स्पिरिट की ज्वाला में घुमा कर वन्द कर दीजिए। स्वस्तिक भुजाओं के ठीक बीच में तीन-चौथाई गहराई तक एक छेद करिए और उसमें ड्रापर नली को सीमेंट या पुटीन से मजबूती से जड़ दीजिए। सिगरेट के चार टिन या प्लास्टिक की चार छोटी कटोरियां लीजिए और उन्हे स्वस्तिक भुजाओं के सिरों पर छोटी कीलों या पेचों से जड़ दीजिए। ध्यान रहे कि इन कटोरियों (या तश्तरियों) के मुंह एक ही दिशा में रहें। इस उपकरण के लिए भी ठीक उसी प्रकार आधार बना दीजिए जिस प्रकार वात-दर्शक के लिए बनाया गया था। छड़ी के सिरे पर कील ठोंकिए और रेती से उसे नुकीला कर लीजिए।

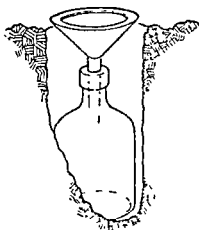
यह पवन वेगदर्शी हवा मे घूमने लगेगा। तीस सैकड मे वह जितनी बार घूमे उसमें पाच का भाग देकर आप यह मोटा अनुमान लगा सकते है कि हवा की चाल प्रति घटा कितने मील है। यदि किलोमीटरों मे जानना हो तो 0.62 से फिर भाग देना चाहिए।

पवन का वेग जानने के लिए एक दूसरी रीति यह है कि किसी शान्त दिन में (जब हवा न बह रही हो) आप किसी के साथ मोटरकार मे कही जाइए। खिड़की से अपने वेगदर्शी को बाहर निकालिए और मोटर चालक से कहिए कि वह 5 मील प्रति घटे की रफ्तार से चले। इस रफ्तार में वेगदर्शी 30 सैकड मे जितनी बार घूमे उस सख्या को गिनिए। मोटर की रफ्तार 10, 15, 20, 25, 30, 40, इत्यादि मील प्रति घंटा करा कर इस क्रिया को दोहराइए।

अपने पवन वेगदर्शी को ऐसे स्थान मे लगाइए जहा इसे सब ओर से पूरी हवा लग सके।

4. वृष्टिमापी

एक कीप, बोतल तथा पानी के आयतन को नापने वाले वेलनाकार मापक की सहायता से

M14DPD/62—16

बड़ी सुगमतापूर्वक एक सरल वृष्टिमापी बनाया जा सकता है ।

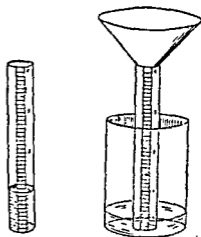
कीप की कोर या तो तीक्ष्ण और ऊर्ध्वाधर हो अथवा उसमें समतल ओष्ठ (लिप) हो, जिससे वर्षा की बूंदें छटक कर बाहर न जाने पाएं । इस पूरे उपकरण को भूमि में गाड़ देना चाहिए ताकि कीप भूमि के स्तर से केवल एक-दो सेंटीमीटर ही ऊपर रहे ।

5. एक दूसरे प्रकार का वृष्टिमापी

टीन का एक बड़ा डिब्बा लीजिए, जिसका व्यास लगभग 10 सेंटीमीटर हो और ऊंचाई लगभग 14 सेंटीमीटर । प्राय: ऐसे किसी भी डिब्बे से काम चल जाएगा । फिर एक बेलनाकार शीशी लीजिए, जिसका व्यास लगभग 3 सेंटीमीटर हो और ऊंचाई कम-से-कम 25 सेंटीमीटर हो (जैतून का तेल अक्सर इसी प्रकार की बोतलों में मिलता है) । इसे टीन के डिब्बे के भीतर खड़ा रखना पड़ेगा । बड़े डिब्बे को एक समतल मेज पर रखिए और उसमें इतना पानी डालिए कि पटरी से नापने पर उसकी ऊंचाई ठीक 1 सेंटीमीटर हो जाए । अब लगभग 2 सेंटीमीटर चौड़ी कागज़ की एक पट्टी लीजिए और उसे सीधे पार्श्व वाली लम्बी शीशी पर लम्बाई में चिपका दीजिए । तब बड़े डिब्बे के पानी को लम्बी शीशी में डाल दीजिए और कागज़ की पट्टी पर उस जगह चिह्न लगा दीजिए जहां तक लम्बी शीशी में बड़े डिब्बे का 1 सेंटीमीटर पानी पहुंचता है । लम्बी शीशी की भीतरी पेंदी से लेकर इस चिह्न तक की दूरी को नापिए और उसके ऊपरी सिरे तक इसी के बराबर दूरियां नापते जाइए । चिह्नों के बीच की दूरियों को दस बराबर भागों में बांटिए, जिससे मिलीमीटर भी नापे जा सकें । छोटा बरतन वर्षा की कम मात्रा को ही नाप सकेगा ।

वृष्टिमापी तैयार करने के लिए लम्बी शीशी में एक कीप रखिए । कीप के मुंह का व्यास ठीक बड़े बरतन के व्यास के बराबर होना चाहिए और तब दोनों को बड़े डिब्बे में रख दीजिए । वृष्टिमापी को किसी खुली जगह में रखिए जहां उसके लुढ़कने का डर न रहे । यदि हल्की वर्षा होगी तो वह अकेले छोटे बरतन में नापी जा सकेगी परन्तु यदि अधिक वर्षा होगी तो फालतू पानी बह कर बड़े बरतन में पहुंच जाएगा और तब उसे छोटे बरतन में उंडेल-उंडेल कर नापा जा सकता है । यदि वर्षा को इंचों में नापना हो तो बड़े बरतन में एक इंच पानी डालिए और तब उसे लम्बी शीशे में उंडेलिए । चिह्न लगा लें कि 1 इंच वाला पानी कहां तक पहुंचा और तब पैमाने को उसी के अनुसार बांटिए ।

सेंटीमीटरों या इंचों में वर्षा नापने के लिए एक अधिक अच्छी रीति यह है कि मापक बोतल को निम्नलिखित सूत्र के अनुसार अंकित किया जाए । इस सूत्र में छोटे और बड़े बरतनों की त्रिज्याओं (अर्धव्यासों) की आवश्यकता होती है ।

$$\left.\begin{array}{l}\text{एक सेंटीमीटर या}\\ \text{एक इंच वर्षा के}\\ \text{लिए बोतल में}\\ \text{पानी की ऊंचाई}\end{array}\right\} = \frac{\text{कीप की त्रिज्या का वर्ग}}{\text{बोतल की त्रिज्या का वर्ग}}$$

6. एक शुष्कार्द्र बल्ब आर्द्रतामापी

दो सस्ते तापमापी लीजिए और यह देखने के लिए कि क्या वे एक-से ही रहते हैं, दिन में कई बार उनके पाठ्यांकों की तुलना कई दिन तक करते रहिए ।

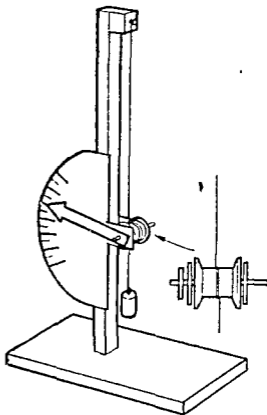
इन दोनों तापमापियों को एक ही पटरे पर जड़िए । उनके बीच की दूरी लगभग 10 सेंटीमीटर

हों । उनके बल्ब पटरे के बाहर निकले रहें, जिससे उन्हें चारों ओर से हवा लग सके ।

दाहिनी ओर के तापमापी के कुछ नीचे एक छोटी और चौड़े मुंह की शीशी (या कटोरी) रखिए । लिनेन या सूती नरम कपड़े की बत्ती बनाइए । उसका एक सिरा दाहिने हाथ वाले तापमापी के बल्ब पर लपेट दीजिए और दूसरे सिरे को नीचे रखे हुए बरतन में डाल दीजिए। इस बरतन मे वर्षा का जल (अथवा आसुत जल) भर दीजिए। इस उपकरण से आप यह नाप सकेंगे कि किसी क्षण वायु मे जल की आपेक्षिक मात्रा क्या है । यन्त्र को ऐसी जगह टांगिए जहां उसे बिना किसी रुकावट के हवा मिल सके । अब भीगे बल्ब पर पंखा झलिए । जब ताप के और कम होने की सम्भावना न रह जाए तो गीले और सूखे दोनो तापमापियों के पाठ्यांकों को नोट कर लीजिए । सूखे तापमापी के पाठ्यांक से गीले वाले का पाठ्यांक घटा दीजिए और तब परिशिष्ट छः की सारणी में देखिए कि आपेक्षिक नमी क्या है। मान लीजिए, सारणी में पाठ्यांक 40 मिलता है तो इसका अर्थ यह हुआ कि शुष्क तापमापी द्वारा सूचित ताप पर वायु में जितना वाष्पजल रह सकता है, उस समय उसका केवल 40 प्रतिशत ही हवा में था ।

7. केश-आर्द्रतामापी

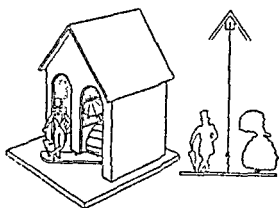
इस उपकरण के द्वारा बिना सारणी का उपयोग किए ही आपेक्षिक आर्द्रता जानी जा सकती है ।

किसी स्त्री अथवा पुरुष के दो-चार केश प्राप्त करिए, जो लगभग 30 सेंटीमीटर लम्बे हों । कास्टिक सोडा के तनु (डाइल्यूट) घोल से धोकर उनको तेल-रहित कर लीजिए। एक को किसी स्टैंड के ऊपरी सिरे में बांध दीजिए और नीचे 50 ग्राम का बोझ बांध कर उसे तान दीजिए। केश इतना लम्बा हो कि दो या तीन बार एक रील पर लपेटने के बाद भी वह नीचे तक पहुंच सके । रील में एक धुरी कसी रहे, जो टीन से बनाए गए धारकों (बेयरिंगों) में सरलता से घूमे । यह टीन स्टैंड पर ऐसी स्थिति में रहे कि स्टैंड का दो-तिहाई भाग ऊपर और एक-तिहाई भाग नीचे छूटा रहे । बाल्सा वुड (अथवा सेमर की लकडी, अथवा पुआल की एक सीक) का एक हल्का संकेतक बनाइए और उसे रील की धुरी पर जड़ दीजिए । फिर उसके पीछे एक कार्ड में पैमाना बना कर लगा दीजिए। जैसे-जैसे वायु की नमी घटती-बढ़ती है, केश की लम्बाई भी कम-अधिक होती जाती है और साथ ही संकेतक भी ऊपर-नीचे खिसकता रहता है ।

पैमाने में निशान लगाने के लिए सबसे अच्छी रीति यह है कि किसी प्रामाणिक आर्द्रतामापी से उसको मिलाया जाए । यदि वह न मिले तो उपकरण को एक बाल्टी में रखिए, जिसमे थोड़ा साधारण गरम पानी रहे और बाल्टी को भीगे तौलिए से ढक दीजिए । जब संकेतक और आगे न बढ़े तो इस बिन्दु पर 100 लिखिए, क्योंकि बाल्टी की हवा 100 प्रतिशत सन्तृप्त (सैचुरेटेड) होगी। अन्य चिन्ह शुष्कार्द्र आर्द्रतामापी के पाठ्यांकों के अनुसार लगाए जा सकते हैं ।

पाठ्यांक लीजिए और परिशिष्ट छः में उसकी सापेक्ष आर्द्रता मालूम करिए और इसी सापेक्ष आर्द्रता के अनुसार पैमाने पर संकेतक को स्थिर कर दीजिए। जब पैमाने पर लगभग तीन बिन्दु अंकित हो जाएं तब आप शेष को बराबर भागों पर रख सकते हैं और 5 से 100 तक, पांच-पांच के अन्तर में अंकित कर सकते हैं।

8. मौसम कुटी[1]

वायुमण्डल मे कितना जलवाष्प वर्तमान है, यह दो-चार मानवीय केशों के तनाव में घट-बढ़ देख कर अथवा तांत के किसी ऐसे टुकड़े से काम करके ज्ञात किया जा सकता है, जिसमें आर्द्रताग्राही गुण आ गए हों।

जो मौसम कुटी हम बहुधा देखते हैं, वह गत्ते से बनाई जा सकती है। उसकी छत के ऊपर के कोण में एक काग लगा दिया जाता है। काग में तांत के एक छोर को सरेस से जोड़ा जाता है। दूसरे छोर पर एक क्षैतिज पटरा रहता है, जिस पर मानव-आकृतियां बना कर लगाई जाती हैं। तांत किस दिशा में ऐंठता है, यह परीक्षा से ज्ञात किया जा सकता है।

9. मौसम चित्र

दो भाग कोबाल्ट क्लोराइड और एक भाग साधारण नमक के घोल में सोख्ते के एक टुकड़े को डुबो दिया जाता है। यह कागज़ जब तक आर्द्र रहता है तब तक गुलाबी रंग का रहता है, परन्तु जब इसे धूप में या बुन्सन बर्नर (अथवा चूल्हे) के पास सुखाया जाता है तब यह नीला हो जाता है।

दुकानों में बिकने वाले मौसम चित्र इसी सिद्धान्त पर बनते हैं। घर पर बना मौसम चित्र भी उतना ही अच्छा काम देता है। किसी पुस्तक से कोई ऐसा चित्र काट लिया जाता है जिसमें आकाश अथवा जल हो और एक भाग, जैसे आकाश, को काट कर निकाल दिया जाता है। उसकी बजाय वहां पर पूर्वोक्त विधि से बना सोख्ता लगा दिया जाता है। तब चित्र को किसी कार्ड पर आरोपित कर दिया जाता है। चित्र को खिड़की के पास टांगना चाहिए क्योंकि वहां वह वायुमण्डल की आर्द्रता के अनुसार शीघ्र बदलता रहेगा।

10. मौसम लेखा बनाना

ऋतु का लेखा रखने के लिए एक तीव्रता-सूचक मापनी (स्केल ऑफ इंटेंसिटी) चाहिए। दिनांक, घंटा, ताप, आकाश और पवन की दशा सब एक सारणी में दिखाए जा सकते हैं।

प्रत्येक दिन एक ही समय पर पाठ्यांक लेना अधिक उपयोगी होगा।

यदि कोई तापमापी उपलब्ध न हो तो ताप इस प्रकार दिखाया जाए : गरम, कम गरम, न गरम न ठण्डा, अधिक ठण्डा, अत्यधिक ठण्डा।

मौसम के अन्तर्राष्ट्रीय संकेत-चिह्न भी हैं परन्तु यदि कोई सरकारी काम न करता हो तो लेखा करने में संक्षिप्त पैमानों का भी उपयोग

[1]मौसम कुटी का भारत में चलन नहीं है। घर का एक छोटा-सा मॉडल बनाया जाता है और उसमें दो मूर्तियां रख दी जाती हैं। एक मूर्ति छाता लगाए रहती है, जो वर्षा का प्रतीक है, और दूसरी मूर्ति का छाता बन्द रहता है, जो सूखे दिन का प्रतीक है। उनमें ऐसी युक्ति की जाती है कि जब वायु आर्द्र रहती है तब छाता वाली मूर्ति घूम कर बाहर निकल आती है और जब वायु शुष्क रहती है तब दूसरी मूर्ति बाहर निकल आती है।

किया जा सकता है । पवन का वेग भी निम्न-लिखित शब्दों में अंकित किया जा सकता है :—

मंद—धुएं को उडाता है परन्तु वात-दर्शक को नहीं।

मध्यम—गर्द उडाता है और वृक्षों की टहनियों को थोड़ा-बहुत हिला देता है।

सबल—वृक्ष की बड़ी शाखाओं को हिला देता है।

उच्च—गर्द उड़ाता है, कागजों को उडा ले जाता है और समूचे वृक्ष हिलने लगते है।

आंधी—वृक्षों की शाखाएं तोड़ डालती है।

दिनांक	समय	ताप	आकाश	पवन	वर्षा

वायु की दिशा को तत्सम्बन्धी स्तम्भ में वाणों से सूचित किया जा सकता है, परन्तु साथ ही कागज़ का एक तारा बना लेना भी उपयोगी होगा, जैसा कि रेखा-चित्र में दिखाया गया है। तब प्रति दिन तारे की उस भुजा पर एक रेखा खींची जा सकती है, जो वायु की दिशा से सबसे अधिक अनुकूल होती है ।

11. मौसम सम्बन्धी उपकरणों को रखने के लिए बक्स बनाना

इन उपकरणो को बाहर ही रखना पड़ता है जैसे वात-दर्शक, पवन-वेगदर्शी और वृष्टिमापी । इन उपकरणों के धातु वाले भागों को वसा अथवा रोगन से सुरक्षित करना बुद्धिमता का कार्य होगा । इस काम के लिए अल्मीनियम का रोगन बहुत अच्छा होता है ।

अन्य उपकरणो, जैसे वायुदाब-मापी, तापमापी और आर्द्रतामापी, को आंधी-पानी से बचाना पडता है । इनको ऐसे बक्स में रखा जाए जिसका एक हिस्सा खुला हो । इस बक्स में उपकरणों को इस प्रकार रखिए कि बक्स की एक बन्द दीवार ऊपर हो और दूसरी नीचे । जिस तरफ खुला भाग हो उस ओर झिलमिली लगा देनी चाहिए, जैसी कि खिडकियों पर लगती है । इससे हवा उपकरणों तक सरलता से पहुंचती रहेगी और साथ ही वे वायु तथा वर्षा से भी सुरक्षित रहेंगे (भारत में अधिक ताप के कारण ऐसी पेटी धूप में बहुत तप जाएगी और इससे ताप आदि गलत निकलेगा। अच्छा यह होगा कि पूर्वोक्त पेटी को उसी प्रकार के दूसरे, परन्तु बड़े बक्स में रख दिया जाए जिसमे चारो ओर झिलमिली रहे) ।

ख. वायु और मौसम

1. गरम करने से हवा फैलती है

यह दिखाने के लिए कि गरम करने पर हवा फैलती है, बिजली के बल्ब से बनाए गए फ्लास्क या बोतल में एक-एक छेद वाली डाट लगाइए, जिसमें 30 सेंटीमीटर लम्बी कांच-नलिका अथवा लेमनेड पीने की नलिका लगाई जा सके । नलिका के सिरे को पानी की छोटी बोतल में डाल दीजिए । फ्लास्क को गरम करिए और देखिए क्या होता है । फ्लास्क को इतना गरम करिए कि बहुत-सी हवा निकल जाए और तब फ्लास्क पर

ठण्डा पानी डाल कर या उस पर बर्फ रगड़ कर उसे ठण्डा करिए। आप क्या देखते हैं? इसका क्या कारण हो सकता है?

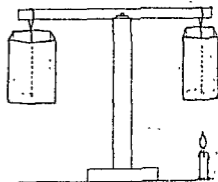
2. दूसरा प्रयोग : गरम करने पर हवा फैलती है

खेल के गुब्बारे को किसी शीशी के मुह पर चढ़ा दीजिए और शीशी को गरम पानी में रख दीजिए। आप क्या देखते हैं? आप इसका क्या कारण बताते हैं?

3. वायु का फैलना

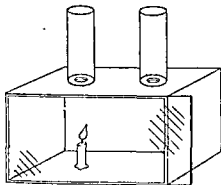
एक छेद वाली रबड़ की डाट लीजिए और उसमें एक छोटी-सी कांच-नलिका लगाइए। अब इसको 2 या 3 लिटर के छोटे मुह के कनस्तर में कसिए। कांच-नलिका में एक रबड़-नलिका जोड़ दीजिए। पानी के एक थाल में पानी से भरी बोतल उलटिए और रबड़ की नली का मुह इस बोतल की कोर के नीचे डाल दीजिए। कनस्तर को गरम करिए। आप क्या देखते हैं? यह कैसे हुआ?

4. ठण्डी हवा गरम हवा से अधिक भारी होती है

(क) एक साधारण तुला बनाइए, जैसी आपने प्रयोग ग-1, पृष्ठ 100 पर यह दिखाने के लिए बनाई थी कि वायु में भार होता है। कागज के दो थैले लीजिए जो एक ही नाप के हों। इन थैलो को खोलिए और प्रत्येक की पेंदी पर 20 सीटर लम्बा धागा कागज की चिप्पी (टेप) लगा कर अथवा सूई से छेद करके उसमें डालिए और उसके सिरे पर गाठ लगा दीजिए। दोनों धागों के दूसरे सिरे पर एक फन्दा बनाइए, जो इतना बड़ा हो कि तुला की डण्डी पर चढ़ाया जा सके। दोनों थैलों को डण्डी के दोनों सिरों के पास लटका दीजिए। थैलों को थोड़ा इधर-उधर करके ऐसी व्यवस्था करिए कि थैले बिल्कुल सन्तुलित हो जाए। अब एक मोमबत्ती को काफी नीचे रख कर थैले के नीचे की हवा को गरम करिए। आप क्या देखते हैं? तुला को कई मिनट तक चुपचाप ठण्डा होने दीजिए। देखिए क्या होता है? अब दूसरे थैले के नीचे की हवा गरम करिए। देखिए क्या होता है? इसका क्या कारण है?

(ख) गरम और ठण्डी हवा की तौलों में अन्तर जानने के लिए एक दूसरी रीति यह है कि कागज के थैलों के बदले तुला पर फ्लास्कों का इस्तेमाल किया जाए। फ्लास्कों को धागे के फन्दों से लटकाइए, घटा-बढ़ा कर उनको सन्तुलित करिए और एक फ्लास्क को धीरे-धीरे गरम करिए, परिणाम देखिए। उसे कक्ष के ताप तक ठण्डा होने दीजिए और तब फिर देखिए। फिर दूसरे फ्लास्क को गरम करिए। बिजली के पुराने बल्बों से बनाए गए फ्लास्क इस प्रयोग में बहुत अच्छा काम देते हैं।

5. संनयन बक्स

यह दिखाने के लिए कि वायु क्यों बहती है, एक बक्स बनाने की विधि इस प्रकार है : लकड़ी या गत्ते का ऐसा बक्स लीजिए जिसमें खिड़की बनाने के लिए आपको सही नाप का कांच मिल सकता हो। लकड़ी की खड़िया वाली पेटी से भी, जिसमें ढक्कन के लिए खांचे कटे रहते हैं, एक अच्छा बक्स बनाया जा सकता है। कांच को ऐसी नाप का काटिए कि वह खांचों में खिसकाया जा सके। फिर बक्स के लम्बाई वाले भागों में से एक ओर में दो छेद करिए जो दोनों किनारों पर हों। इन छेदों का व्यास 2.5 से लेकर 3 सेंटीमीटर तक हो सकता है। बक्स को इस प्रकार रखिए कि यह भाग ऊपर रहे। छेदों पर रखने के लिए दो चिमनियां लीजिए। यदि लैम्प की चिमनियां न मिलें तो गत्ते की 15 सेंटीमीटर लम्बी नलिकाओं से काम लीजिए (या पुराने ट्यूब लाइट के ट्यूब को काट कर चिमनी बना लीजिए, परन्तु स्मरण रखिए कि यदि उसे काटते समय हाथ कहीं कट

ाए और ट्यूब के भीतर लगा मसाला घाव में ़ जाए तो घाव शीघ्र अच्छा नहीं होगा क्योंकि साला विषैला होता है) । मोमबत्ती के एक छोटे टुकड़े को एक छेद के ठीक नीचे बक्स के फर्श र रखिए। मोमबत्ती को जलाइए। मोमबत्ती मि के उस क्षेत्र को निरूपित करती है जो सूर्य तप्त हो गया है। काच लगा कर बक्स का खुला र्श्व बन्द कर दीजिए और धुआं देते समय एक ागज़ लेकर एक चिमनी में डालिए और वायु-ारा का निरीक्षण करिए। बक्स के भीतर वायु चलने की दिशा देखिए। मोमबत्ती को दूसरी चिमनी के नीचे रखिए और प्रयोग को दोह-राइए। आप क्या देखते हैं? इसका क्या कारण ो सकता है? इसको संनयन-धारा (कन्वे-शन करेंण्ट) कहते हैं।

6. संनयन-धाराओं का मार्ग देखना

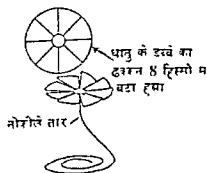
(क) एक मोमबत्ती जलाइए और उसे आकस्मिक वायु-धाराओं से बचाने के लिए उसके चारों ओर आड़ कर दीजिए। मोमबत्ती के पास की धाराओं का निरीक्षण धुआं देते हुए कागज से करिए।

(ख) एक गरम और एक ठण्डे कमरे के बीच का दरवाजा थोड़ा खोलिए। धुआ देते हुए कागज़ को दरवाजे के पल्लों के बीच के खुले स्थान में कमरे के ऊपर, नीचे और बीच में वायु-धाराओं को देखिए।

(ग) अगर सम्भव हो तो ऐसी कोठरी में वायु-धाराओं को देखिए जिसे विकिरक (रेडिएटर) या स्टोव (या अगीठी) में गरम किया गया हो

(घ) ऐसी कोठरी में वायु-धाराओं को देखिए जिसमें वातन (वेंटिलेशन) के लिए ऊपर और नीचे खुली खिड़किया हों।

(ङ) तार की सहायता से जलती मोम-बत्ती को चौड़े मुह की किसी बोतल में उतार दीजिए। देखिए कि क्या होता है। बोतल में ताज़ी हवा डालिए। जलती मोमबत्ती को फिर बोतल में डालिए परन्तु अब की बार T आकृति का गत्ते का टुकड़ा काट कर बोतल में डाल दीजिए, जिससे गरम और ठण्डी वायु-धारा अलग-अलग हो जाए। धुआ देते हुए कागज़ से गत्ते के दोनों तरफ वायु-धाराओं को देखिए।

(च) किसी डिब्बे के धातु वाले ढक्कन को रोटरी ओपनर से काटिए ताकि धातु का गोल टुकड़ा मिल जाए (या ऐसा वृत्त पतले टीन या पीतल की पतली चादर में काटिए)। इसको ठीक बीच में कील से ठोंक कर जरा-सा गड्ढा कर दीजिए। त्रिज्यीय रेखाओं पर टीन को लगभग केन्द्र तक काटिए और इस प्रकार बनी सब पत्तियों को एक ही दिशा में थोड़ा-सा ऐंठ दीजिए। इस पहिए

को एक नुकीले तार पर चढ़ा दीजिए। तब इसे मोमबत्ती के ऊपर या किसी दूसरी जलती हुई वस्तु के ऊपर पकड़े रहिए। अगर आप इसे साव-धानीपूर्वक बना लेंगे तो यह चक्र [illegible] अथवा जलती हुई बिजली की बत्ती [illegible] से भी घूमने लगेगा।

ग. वायु में नमी कैसे पहुंचती है

1. वायुमण्डलीय नमी देखी नहीं जा सकती

चाय की केतली में या किसी दूसरे बरतन में, जिसमें टोंटी लगी हो, थोड़ा-सा पानी डाल दीजिए और उसे चूल्हे पर चढ़ा दीजिए। यदि ऐसे बरतन न मिले तो फ्लास्क में एक छेद वाली डाट लगाइए और उसमें समकोण पर मुड़ी हुई कांच-नलिका लगाइए। फ्लास्क में थोड़ा पानी डालिए और उसे आग पर रख दीजिए। जब पानी खौलने लगे और टोंटी से भाप निकलने लगे तो बादल के समान दीखने वाले उस वाष्प-समूह को देखिए। यह भाप नहीं है, सघनित जल मात्र है। जब भाप निकल रही हो तब टोंटी के निकट-वर्ती स्थान को देखने का प्रयत्न करिए। क्या आप उसे देख सकते हैं? अब संघनित भाप के नीचे मोमबत्ती या ज्वालक (बर्नर) रखिए। आप क्या देखते हैं? बादल कहां चला जाता है?

2. झाड़ू का भार कम हो गया

डण्डे के एक सिरे पर सूती झब्बा बाध कर झाड़ू बना लीजिए। उसे पानी में भिगोइए। फालतू पानी निचोड़ दीजिए। तब मेज के एक कोने पर एक तिकोनी रेती रखिए और उस पर झाड़ू को सन्तुलित करिए। सन्तुलन बिल्कुल ठीक हो। घंटे भर बाद इसको फिर देखिए। क्या हुआ? इसका क्या कारण बताते है? पानी कहां चला गया?

3. नमी को तोलने के लिए दूसरा प्रयोग

ऊपर का प्रयोग नहाने के (रोएंदार) तौलिए से भी किया जा सकता है। तौलिए को भिग[illegible] और निचोड़िए। उसे कोट-हैंगर (कोट टांगने [illegible] तार या लकड़ी) पर लटकाइए। कोट[illegible] को लम्बे डण्डे के एक सिरे पर लटकाइए [illegible] मेज़ के कोने पर रखी तिकोनी रेती [illegible] सन्तुलित करिए।

4. मिट्टी से नमी भाप बन कर उड़ जाती [illegible]

गमले में गीली मिट्टी भरिए और तुला के [illegible] पलड़े पर रखिए। या तो दूसरे पलड़े में [illegible] रख कर सन्तुलित करिए या गमले की तौल [illegible] करिए। 24 घंटे बाद फिर उसकी तौल करि[illegible]

5. घरेलू पौधों से नमी निकलती है

किसी घर के भीतर के पौधे या बा[illegible] पौधे की एक पत्ती पर (जाड़े के दिनों [illegible] सेलोफेन (पारदर्शक जल-अभेद्य कागज़) [illegible] थैली चढ़ा दीजिए और उसके मुह को पत्त[illegible] के डण्ठल पर रबड़ के छल्ले (अथवा धागे) [illegible] बांध कर बन्द कर दीजिए। एक घंटे बाद निरीक्ष[illegible] करिए। आप क्या देखते हैं? यह कहां से आया [illegible]

6. अन्य पौधों से निकली नमी

एक गमला लीजिए, जिसमें 10 या 15 से[illegible] मीटर लम्बे मटर या सेम के नए पौधे [illegible] (पौधों को छोड कर गमले के ऊपरी [illegible] को सेलोफेन या रबड़ की चादर से ढक दीजि[illegible] और पौधों के तनों के पास चादर में धा[illegible] और पिन लगा दीजिए, जिससे कहीं भी मिट्टी खु[illegible] न रह जाए। अब एक स्वच्छ सूखा (ठण्डा) गिला[illegible] पौधों पर उलट दीजिए और एक घंटे बाद देखि[illegible] आपने क्या देखा? यह कहा से आया (य[illegible] प्रयोग जाड़े में किया जाए तो सफ[illegible] मिलेगी)।

7. सांस की नमी

ठण्डे दर्पण पर सांस छोड़ कर या ठण्ड गिलास या बोतल में सांस फूंक कर सांस छोड़ने से निकले जलवाष्प को दिखाया जा सकता है।

8. गैस-ज्वाला से निकली हुई नमी

ज्वाला से निकला हुआ जलवाष्प गैस-स्टोव पर कुछ क्षणों के लिए ठण्डे पानी का बरतन रख कर दिखाया जा सकता है (पेंदी पहले पोंछ कर सुखा दी जाए)। आंच से बरतन को उठा लीजिए और पेंदी का निरीक्षण करिए।

9. दूसरी ज्वालाओं से निकली हुई नमी

मोमबत्ती की लौ को ठण्डे श्यामपट्ट (ब्लैक बोर्ड) के पास लाइए। गैस बर्नर, स्पिरिट लैम्प, जलते हुए कागज और जलती हुई लकड़ी की ज्वालाओं की सहायता से इस प्रयोग को दोहराइए। आप क्या देखते हैं? यह कहां से आया?

10. क्षेत्रफल-विस्तार की दर वाष्पन को प्रभावित करती है

50 मिलिलिटर जल नाप कर लीजिए और किसी मापी से उसे किसी बड़े व्यास के बरतन में उंडेल लीजिए। अब फिर मापी में 50 मिलीलिटर जल नाप कर रख दीजिए। दोनों को आस-पास ऐसी जगह रखिए जहां ताप और वायु-वेग दोनों के लिए समान रहे। दूसरे दिन प्रत्येक बरतन के जल को नापिए। वाष्पन में किस वस्तु के प्रभाव के कारण अन्तर आया है?

11. ताप वाष्पन की गति को प्रभावित करता है

श्यामपट्ट अथवा स्लेट के किसी भाग को मोमबत्ती से या धूप में रख कर थोड़ा गरम करिए। इस गरम स्थान पर और किसी ठण्डे क्षेत्र पर गीले कपड़े से बराबर नापों के पानी के धब्बे लगाइए। इन स्थानों का निरीक्षण करिए और देखिए कि क्या होता है।

12. बहती हुई हवा वाष्पन की गति पर प्रभाव डालती है

गीले स्पंज या कपड़े से ठण्डे श्यामपट्ट के तल पर दो स्थानों पर बराबर माप के धब्बे लगा दीजिए, जो एक-दूसरे से कुछ दूर रहें। एक धब्बे को गत्ते से हवा कीजिए और दूसरे को बिना हवा किए सूखने दीजिए।

वाष्पन की गति में किस कारण अन्तर पड़ता है?

13. वायु की नमी वाष्पन की दर में प्रभाव डालती है

लकड़ी के छल्ले या चौखटे पर कोई कपड़ा तान कर जड़ दीजिए। चौखटा वर्गाकार हो और चारों ओर लगभग 30 सेंटीमीटर का हो तथा लगभग 3 सेंटीमीटर मोटा हो। चौखटे में लगाए हुए कपड़े को गीला कर दीजिए। फिर ठण्डे श्यामपट्ट के तल पर गीले स्पंज या कपड़े से पानी के दो धब्बे बनाइए। एक को उस चौखटे से ढक दीजिए जिसके ऊपर गीला कपड़ा मढ़ा है और दूसरे को खुला रहने दीजिए। कुछ क्षणों के बाद प्रत्येक धब्बे का निरीक्षण करिए। कौन-सा अधिक सूखा है? चौखटे के नीचे आर्द्र वायु वाष्पन की गति पर क्या प्रभाव डालती है?

घ. वायु से नमी कैसे निकलती है

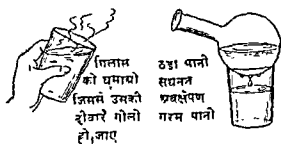
1. नमी ठण्डे तलों पर संघनित होती है

टीन के चमकते डिब्बे में बर्फ भर दीजिए। थोड़ी देर में बाहर के तल का निरीक्षण करिए। आप क्या देखते हैं? यह कहां से आया?

2. जल-चक्र

थोड़े-से पानी को इतना गरम करिए कि वह लगभग उबलने लगे। इसे पानी के गिलास में रखिए और गिलास को तिरछा करके इस प्रकार घुमाइए कि गिलास की दीवारें ऊपरी सिरे तक भीग जाएं। गोल फ्लास्क, उदाहरणार्थ बिजली-बत्ती से बने फ्लास्क या फ्लोरेन्स फ्लास्क (या प्रायः गोल लोटे) में थोड़ा-सा

M14DPD/62—17

पानी डालिए जो बहुत ठण्डा हो। फ्लास्क को गिलास पर तिरछा रखिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। गरम पानी का वाष्पन होगा। वह फ्लास्क की ठण्डी सतह पर संघनित होगा और उसकी छोटी बूदें गिलास में गिरेंगी। यहां आप वाष्पन, संघनन और अवक्षेपण (नीचे गिरना) तीनों ही देख सकेंगे। प्रकृति में इस प्रकार का जल-चक्र चलता रहता है।

3. ओसांक-ताप

आप ओसांक-ताप (ड्यू-प्वाइण्ट टेम्परेचर) को चमकते बरतन, थोड़ा-सा पानी, एक तापमापी और कुछ बर्फ की सहायता से नाप सकते हैं। मौसम के सम्बन्ध में ओसांक-ताप का अध्ययन महत्वपूर्ण है। यह वह ताप है जिस पर वायु की नमी संघनित होने लगती है। ओसांक-ताप दिन-दिन घटता-बढ़ता रहता है।

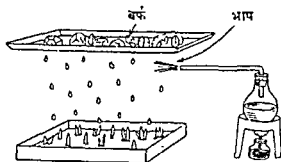
ध्यान रहे कि बरतन का बाहरी भाग सूखा और चमकदार रहे। बरतन में कुछ पानी डाल दीजिए और उसे किसी छपे पृष्ठ पर रख दीजिए, जिससे छपे अक्षरों का प्रतिबिम्ब बरतन में स्पष्ट दिखाई पड़े। तापमापी को पानी में रखिए (सम्भवतः तापमापी के बल्ब के पीछे की लकड़ी को कुछ काटना पड़े)। अब थोड़ा-थोड़ा करके बर्फ को पानी में डालिए और उसे तापमापी से सावधानी के साथ चलाते रहिए। ताप पर बराबर ध्यान रहे और ज्यों ही बरतन के बाहरी पृष्ठ पर ओस बनती आरम्भ हो, इसका ताप पढ़ लीजिए। यही प्रायः ओसांक-ताप होगा।

4. बोतल में बादल

आप बोतल में बादल बना सकते हैं। कांच की बड़ी बोतल लीजिए और उसमें रबड़ की डाट लगाइए। डाट से 10 सेंटीमीटर लम्बी कांच-नलिका लगाइए। बोतल में लगभग 2.5 सेंटीमीटर की ऊंचाई तक पानी भरिए, और बोतल के भीतर की हवा में थोड़ी-सी खड़िया-धूलि डाल दीजिए। अब एक रबड़ की नली लीजिए और उसकी सहायता से कांच की नलिका को बाइसिकिल पम्प से जोड़ दीजिए। बोतल की डाट को दबाए रखिए और किसी विद्यार्थी से कहिए कि वह हवा भरना आरम्भ करे। जब बोतल में कस कर हवा भर जाए तो काग को उड़ जाने दीजिए और देखिए कि फिर क्या होता है। यदि बादल अच्छा न बने तो आप पानी में स्पिरिट की कुछ बूंदें मिला कर फिर से प्रयोग करिए। जब वायु फैलती है तो वह ठण्डी हो जाती है, जिससे बोतल के भीतर का ताप ओसांक से कम हो जाता है। नमी बादल के रूप में संघनित होती है। जब पृथ्वी पर गरम हवा चलती है तो उसकी भी दाब कम हो जाती है। तब हवा फैलती है और ठण्डी होती है और जब ताप ओसांक से कम हो जाता है तब बादल बनते हैं।

5. वर्षा-चक्र

आप बहुत छोटे पैमाने पर अपनी कक्षा में वर्षा-चक्र देख सकते हैं। नई पौध का एक गमला मेज पर रखिए। इन पौधों से लगभग 35 या 40 सेंटीमीटर ऊपर धातु की थाली रखिए और किसी प्रकार उसको वहीं टिका दीजिए। थाली में चूरा की हुई बर्फ फैला दीजिए। चाय की केतली या फ्लास्क में थोड़ा पानी लेकर उसे आंच पर रखिए। केतली को इस प्रकार रखिए कि भाप पौधों और थाली के बीच से होकर निकले।

अब आप वर्षा-चक्र का अध्ययन कर सकते हैं। चाय की केतली जल का प्राप्ति-स्थल है, जो पृथ्वी-स्थित है। यहां से वाष्प बन कर ऊपर उठती है और ठण्डी थाली तक पहुंचती है। थाली पृथ्वी के ऊपर की वायु की ठण्डी तहों को निरूपित करती है। यहां आर्द्रता थाली पर संघनित होती है और पौधों पर वर्षा के रूप में गिरने लगती है।

6. कक्षा में तुषार

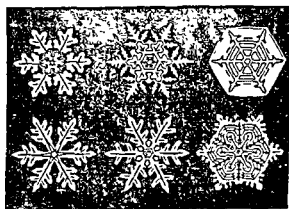
धातु के एक लम्बे बरतन, जैसे टीन के लम्बे डिब्बे, की सहायता से कक्षा में तुषार (फ्रास्ट) बनाया जा सकता है। बरतन में पारी-पारी स बर्फ और नमक की तहें भरिए। जितनी बर्फ डालें, उसका लगभग आधा नमक। बर्फ और नमक डालते जाइए और किसी लकड़ी से उन्हें कूट-कूट कर ठूंसते जाइए। जब वह भर जाए तो बरतन के बाहरी भाग का निरीक्षण करिए। सम्भव है कि कुछ ओस बने और वह वहां जम जाए, परन्तु आपको वहां सुकुमार श्वेत तुषार भी दिखाई देना चाहिए, जो बरतन के बाहरी भाग पर बन जाता है। यदि बरतन को कुछ समय तक ऐसे ही रहने दिया जाए तो वह सुन्दर श्वेत तुषार से ढक जाएगा (भारत में यह प्रयोग जाड़े मे अधिक सफल रहेगा)।

7. ओलों का अध्ययन

जब ओले गिरें तो कुछ ओलों को इकट्ठा करिए। उन्हें बीच से काटिए और देखिए कि ओले की बर्फ किस प्रकार परत के ऊपर परत जम कर बनी है।

8. हिमतूल का अध्ययन

यदि आप किसी ऐसे स्थान मे रहते हैं जहां हिमपात होता है तो थोडे से हिमतूल (स्नो-फ्लेक्स) को काले या बहुत गाढ़े रंग के ऊनी कपडे पर इकट्ठा करिए और उसे प्रवर्धक लैन्स से ध्यान से देखिए। आप देखेंगे कि उनकी आकृतियां भले ही असख्य हो परन्तु हर एक हिमतूल मे सर्वदा ही छः भुजाएं या छः रश्मियां होती हैं। हिमतूल भी प्रकृति की दर्शनीय वस्तुओं में से एक है।

अध्याय—9

पानी के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. पानी की संरचना

1. पानी का विच्छेदन कैसे किया जा सकता है

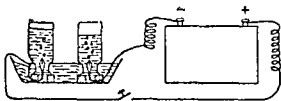
इस रोचक प्रयोग के लिए 6 वोल्ट की एक संचायक बैटरी या ऐक्युमुलेटर या 6 शुष्क सेलों (ड्राई सेल्स) की आवश्यकता पड़ेगी।

तांबे के तार के दो टुकड़े लीजिए। प्रत्येक कम-से-कम 30 सेंटीमीटर लम्बा हो। प्रत्येक तार के सिरों से लगभग 6 सेंटीमीटर तक विसंवाही पदार्थ को अलग कर दीजिए। तांबे के फिर दो पुराने फाउण्टेनपेनों की सोने की नोक-वाली निबें लीजिए। तांबे के पूर्वोक्त तारों में से एक का एक खुला सिरा एक निब में लपेट दीजिए और दूसरे तार का एक सिरा दूसरी निब में। जोड़ पर लाख लगा दीजिए ताकि तांबा कहीं भी दिखाई न पड़े। बैटरी के एक सिरे से एक तांबे के तार का दूसरा सिरा जोड़ दीजिए और दूसरे सिरे में दूसरे तार का बचा हुआ सिरा। अब एक कांच की कम गहरी तश्तरी लीजिए और उसे लगभग आधा पानी से भर दीजिए। दो छोटी शीशियों को पानी से भरिए और उनके मुंह पर गत्ता रख कर उनको तश्तरी के पानी में उलट दीजिए (और गत्ता हटा लीजिए; गत्ते के बदले अंगुली से काम चल जाएगा)। प्रत्येक शीशी को लकड़ी की दो-दो छोटी-छोटी पट्टियों पर खड़ा कर दीजिए ताकि उनका मुंह तश्तरी की पेंदी से कुछ ऊपर उठा रहे। अब सावधानी से प्रत्येक बोतल में एक-एक निब डाल दीजिए।

फिर तश्तरी में रखे पानी में लगभग 1 औंस सल्फ्यूरिक अम्ल मिला दीजिए और एक-आध मिनट ठहरिए। अम्ल पानी में अच्छी तरह मिल जाएगा। अम्ल से काम करते समय बड़ी सावधानी बरतनी चाहिए क्योंकि यदि यह शरीर पर कहीं पड़ जाएगा तो त्वचा को जला देगा और कपड़े पर गिर जाए तो कपड़े में छेद कर देगा। सल्फ्यूरिक अम्ल दवाखाने से, बैटरी ठीक करने वालों से, या किसी रासायनिक प्रयोगशाला से प्राप्त किया जा सकता है।

जब उपस्कर तैयार हो जाए तो विद्युत्-धारा चालू कर दीजिए (इसके लिए लाइन में कहीं एक स्विच रखना अच्छा रहेगा)। इस प्रयोग में समय लग सकता है। देखिए कि प्रत्येक शीशी में क्या होता है? यदि दोनों शीशियां एक नाप की हों तो परिणाम को आप पटरी से नाप सकते हैं। इन दोनों में क्या अनुपात है?

जब शीशियां गैस से भर जाएं तो प्रत्येक के मुंह पर कांच की प्लेट रख दीजिए। जो शीशी अपेक्षाकृत शीघ्र भर गई थी, उसे कांच पर ही औंधी पड़ी रहने दीजिए। जो शीशी धीरे-धीरे भरी थी, उसका मुंह ऊपर करके उसे मेज पर रखिए और कांच से ढका रहने दीजिए। अब एक सुलगती हुई सींक को (अर्थात् जिसकी लौ बुझ गई हो, परन्तु उसमें लगी आग चमक रही हो) उस बोतल में डालिए जिसका मुंह ऊपर की ओर है। क्या होता है? इस गैस को आक्सीजन कहते हैं।

जलती हुई सींक को उस बोतल के मुंह में लगाइए जिसे आपने औंधा रख छोड़ा था। क्या होता है? इस गैस का नाम हाइड्रोजन है। क्या आपने कभी किसी को पानी के लिए (एच-टू-ओ) कहते हुए सुना है? क्या आप अपने प्रयोग से इसे समझा सकते हैं?

2. आक्सीजन कैसे तैयार की जा सकती है

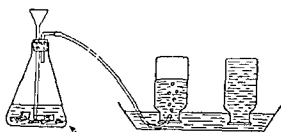
आक्सीजन तैयार करने की विधि अध्याय-7 में पृष्ठ 114 पर बताई जा चुकी है।

3. आक्सीजन के कुछ प्रयोग

आक्सीजन के प्रयोगों के लिए निदेश अध्याय 7 में पृष्ठ 114 पर दिए गए हैं।

4. आक्सीजन की सहायता से कुछ प्रयोग

किसी तनु (डाइल्यूट) अम्ल, जैसे हाइड्रोक्लोरिक या सल्फ्यूरिक, पर जस्ते जैसी धातु की रासायनिक प्रतिक्रिया से हाइड्रोजन तैयार की जा सकती है। अम्ल दवाखाने से लाया जा सकता है। अम्ल के साथ सावधानी बरतनी चाहिए कि कहीं वह शरीर अथवा कपड़े पर न गिर पड़े। पुराना जस्ता शुष्क सेलो के बाहरी डिब्बे से लिया जा सकता है। जस्ते को खूब अच्छी तरह साफ कर लीजिए और उसमें से लगभग 2.5 सेंटीमीटर के वर्गाकार टुकड़े काट लीजिए।

हाइड्रोजन बनाने के लिए जस्ते को एक फ्लास्क या बोतल में रखिए और उसमें दो छेदों की रबड़ की डाट लगाइए। एक छेद में कीपमुखी नलिका रखिए जो लगभग पेंदी तक पहुच जाए। दूसरे छेद में समकोण पर मुड़ी नलिका रखिए और उसमें 30 या 40 सेंटीमीटर लम्बी रबड़ की नलिका लगा दीजिए। एक थाली को पानी से लगभग आधा भर दीजिए और पानी से भरी बोतलें उसमें औंधी करके रख दीजिए। हाइड्रोजन को इकट्ठा करने के लिए निकास-नलिका के सिरे को पूर्वोक्त बोतलों में से एक में डाल दीजिए। कीप-नलिका द्वारा जस्ते पर तनु अम्ल डालिए।

ध्यान रहे कि जनित्र के आसपास कोई लौ या ज्वाला न हो। हाइड्रोजन और वायु का मिश्रण बड़ा विस्फोटक होता है। जब बोतलें हाइड्रोजन से भर जाए तो उनके मुह पर काच-पट्ट रख दीजिए और बोतलों को मेज पर औंधी ही खड़ी रखिए।

5. क्या हाइड्रोजन जलती है

लकड़ी की एक सीक जलाइए और एक बोतल को मेज से (औंधी ही) उठाकर उसके मुह के पास जलती हुई लकड़ी की सीक ले जाइए। सीक को बोतल के भीतर डाल दीजिए। अब सीक को धीरे-धीरे बाहर लाइए। क्या होता है? क्या हाइड्रोजन जलती है? क्या यह आक्सीजन की तरह जलने में सहायता करती है?

6. हाइड्रोजन के जलने पर क्या उत्पन्न होता है?

रबड की एक निकास-नलिका के सिरे पर एक छोटी काच-नलिका लगा दीजिए और फ्लास्क मे जस्ते और अम्ल की क्रिया जोर से होने दीजिए। नलिका के पास जलती हुई सींक लाइए। हाइड्रोजन हल्के-हल्के जलने लगेगी और लौ हल्के नीले रग की हो जाएगी। लौ के पास किसी ठण्डी तश्तरी या थाली को ले जाइए। जब हाइड्रोजन जलती है (आक्सीजन से संयुक्त होती है), तब कौन-सी वस्तु बनती है?

7. हाइड्रोजन की सहायता से साबुन के बुलबुले बनाना

साबुन का गाढा घोल तैयार करिए, जिससे अच्छे बुलबुले बनाए जा सकें। एक छोटी-सी कीपमुखी नलिका को निकास-नलिका के सिरे पर लगा दीजिए या उसके बदले विलायती चिलम (क्ले पाइप) या देशी चिलम में छेददार डाट

और नलिका लगा दीजिए । जब फ्लास्क में अम्ल और जस्ते की क्रिया जोर से हो रही हो तो हाइड्रोजन से बुलबुले छोड़िए। जब कोई बुलबुला बन जाए तो जरा झटका देने पर वह कीप से छूट जाएगा और छत तक उठेगा। एक ऐसी लग्गी लीजिए जो छत के पास बुलबुले तक पहुंच सके । लग्गी में जलती मोमबत्ती बांध लीजिए और उससे बुलबुलों में आग लगाने की कोशिश करिए । यह एक आनन्ददायक खेल रहेगा।

ख. पानी कैसे शुद्ध किया जा सकता है

1. छानना (फिल्टर) कैसे बनाएं

पौधे का एक गमला लीजिए, जिसकी पेंदी के छेद में रुई ठूंस कर भरी हो और जिसकी पेंदी पर बालू की दो-चार इंच गहरी तह बिछी हो। यह कई कामों के लिए सन्तोषजनक छानना सिद्ध होता है। अध्याय-2 की संख्या-7 देखिए।

किसी बरतन में रखे पानी में थोड़ी मिट्टी डाल कर चला दीजिए। इस पानी को छानने मे डाल दीजिए और जो पानी छन कर निकले उसे एक साफ गिलास में भर दीजिए। बालू और पिसे कोयले की तहें एक के ऊपर एक डाल कर एक दूसरा छानना बनाने की कोशिश करिए। पीने के लिए उबालने से पहले पेय जल को शुद्ध करने के लिए यह छानना बहुत सन्तोषजनक काम देगा।

2. प्रायोगिक छानना बनाना

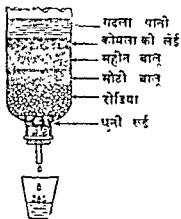
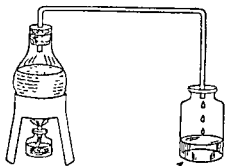
लैम्प की चिमनी के छोटे सिरे मे एक छेद वाली डाट लगाइए। इसमें एक छोटी काच-नलिका लगाइए। पेंदी में थोड़ी धुनी रूई रखिए। तब छोटी-छोटी साफ रोड़ियां लीजिए और थोड़ी मोटी बालू को अच्छी तरह धो डालिए तथा रोड़ियों के ऊपर उसकी एक तह बना दीजिए। फिर थोड़ी महीन बालू धोइए और पहले की अपेक्षा अधिक मोटी तह डाल दीजिए। कुछ कोयले पीस डालिए और उन्हें पानी में मिला कर एक लेप-सा बना लीजिए। इस मिश्रण को बालू के ऊपर बराबर-बराबर डाल दीजिए। इसके बाद बहुत गंदला पानी लेकर छानने के ऊपर से डालिए। छानने के नीचे रखे साफ गिलास में छने पानी को इकट्ठा करिए।

3. पानी को उबाल कर जीवाणु-रहित करना

पानी में बहुधा छोटे-छोटे जीवित पौधे और जीव रहते हैं। इनके कारण पानी पीने के अयोग्य हो जाता है। ये जीव सूक्ष्मदर्शी के बिना नहीं देखे जा सकते । इस बात की जांच बड़ी सरल रीति से की जा सकती है कि उबालने से जीवित वस्तुओं पर क्या प्रभाव पड़ता है। जीवित जीवाणुओं के शरीर जिन पदार्थों के बने रहते हैं, अण्डे की सफेदी भी रासायनिक दृष्टिकोण से उस पदार्थ के बहुत समान होती है।

एक परीक्षण-नलिका या फ्लास्क को पानी से आधा भरिए और उबलने तक गरम करिए। दवा टपकाने वाली नलिका से अण्डे की सफेदी की कुछ बूंदें खौलते पानी में टपका दीजिए। आप देखेंगे कि अण्डे की सफेदी बिल्कुल बदल जाती है। यह उबले या तले अण्डे के सफेद भाग की तरह हो जाता है। दूसरे शब्दों में, वह स्कंदित (कोएगुलेट) हो गया है। जब पानी खौलाया जाता है तब उसके भीतर रहने वाले हानिकारक जीवाणुओं के जीवित ऊतकों (टिशूज) की भी सम्भवतः यही दशा होती है।

4. जल के आसवन (डिस्टिलेशन) के लिए सरल उपकरण कैसे बनाया जाए

आप एक फ्लास्क और कुछ कांच-नलिकाओं अथवा रबड़-नलिकाओं की सहायता से एक

सरल जल-आसवन उपकरण बना सकते हैं। फ्लास्क में एक छेद वाली डाट या काग लगाइए। डाट के छेद में या तो छोटी-सी कांच-नलिका लगाइए या 60 सेंटीमीटर लम्बी कांच-नलिका को चित्र में दिखाई गई रीति से मोड़ कर लगाइए। यदि छोटी कांच-नलिका लगानी हो तो उसमें रबड़ की नलिका जोड़ दीजिए। आसवित जल को इकट्ठा करने के लिए फ्लास्क या पानी पीने का गिलास या किसी बोतल का उपयोग करिए। जिस फ्लास्क में पानी खौलाना हो उसे गंदले पानी से आधा भर दीजिए और उसमें थोड़ी स्याही अथवा अन्य रंग डाल दीजिए। उपयुक्त आंच लगा कर पानी को खौलाइए (भारत में गरमी के कारण केवल इतने मे ही काम नही चलेगा। नलिका के क्षैतिज भाग पर कपड़ा लपेट कर उस पर बराबर ठण्डा पानी टपकाते रहना चाहिए परन्तु ध्यान रहे कि यह पानी नलिका मे लिपट कर या अन्य रीति से आसुत जल तक न पहुच जाए)।

5. बड़ा आसवक कैसे बनाया जाए

देखिए अध्याय-2 का प्रयोग ग-4, पृष्ठ 44 पर।

6. लीबिग संघनक कैसे बनाया जाए

देखिए अध्याय 2, पृष्ठ 44।

ग. भारी पानी और हल्का पानी

भारी पानी में खनिज होते है। जब जल पृथ्वी के ऊपर से और पृथ्वी में से होकर आता है तब ये खनिज पानी में घुल जाते है। हल्का पानी वह पानी है जिसमें घुले खनिज या तो होते ही नही या बहुत सूक्ष्म मात्रा में होते हैं, उदाहरणार्थ वर्षा का जल या आसुत जल।

1. भारी और हल्के पानी में अन्तर

किसी नदी, नाले (या कुएं) से थोड़ा-सा भारी पानी लीजिए (या आगामी प्रयोग में बताई गई रीति से बना लीजिए)। थोड़ा हल्का पानी भी लाइए, जैसे वर्षा-जल या आसुत जल (डिस्टिल्ड वाटर)। थोड़े-से गरम पानी में साबुन के छीलन या चूर्ण को घोल कर साबुन का घोल तैयार करिए। दो बोतलें लीजिए और इनमें बराबर मात्रा में भारी पानी और हल्का पानी भर दीजिए। दवा टपकाने वाली नलिका से हल्के पानी में साबुन के घोल की बूदें गिन कर टपकाइए। एक बार में दो-तीन बूद से अधिक मत टपकाइए। प्रत्येक बार साबुन का घोल छोड़ने के बाद बोतल को हिलाइए। पानी की ऊपरी सतह पर बुलबुलों की 1 सेंटीमीटर मोटी तह बनाने के लिए साबुन के घोल की कितनी बूंदे डालनी पड़ीं थी, यह मालूम करिए।

फिर साबुन का उतना ही घोल भारी पानी में मिलाइए और उतने ही समय तक अच्छी तरह हिलाइए। देखिए कि दोनों में क्या अन्तर है। भारी पानी में साबुन का घोल तब तक डालते रहिए जब तक कि बढ़िया फेन न बन जाए। प्रयुक्त साबुन की मात्राओं की तुलना करिए।

2. भारी पानी बनाना

भारी पानी दो प्रकार का होता है—अस्थायी और स्थायी। अस्थायी भारी पानी निम्नलिखित रीति से बनाया जा सकता है: थोड़ा-सा साफ पानी लीजिए (निर्माण-विधि के लिए अध्याय 7 का प्रयोग ट-17, पृष्ठ 115 देखिए)। चूने के पानी में कार्बन डाइ-आक्साइड के बुलबुले तब तक बनाइए (देखिए ट-14, पृष्ठ 115) जब तक पहले का दूधियापन न मिट जाए। अस्थायी भारी पानी तैयार है। स्थायी भारी पानी तैयार करने के लिए थोड़ा-सा कैल्सियम सल्फेट या पेरिस प्लास्टर को पानी में चला कर कई घंटे तक पड़ा रहने दीजिए। जब मिश्रण छान लिया जाएगा

तो छानने पर जो साफ पानी मिलेगा, वह स्थायी भारी पानी होगा। मैगनीशियम सल्फेट (एप्सम साल्ट्स) को पानी में घोल कर भी इस प्रकार का भारी पानी तैयार किया जा सकता है।

3. भारी पानी को खौला कर मृदु करना

पानी का अस्थायी भारीपन खौलाने से दूर किया जा सकता है। थोड़े-से अस्थायी भारी पानी में साबुन के घोल की दो-चार बूंदें डाल कर उसे खूब हिलाइए और देखिए कि फेन बनता है या नहीं। फिर उतने ही अस्थायी भारी पानी को खौलाइए और पहले जितना ही साबुन का घोल डाल कर फेन बनाने की चेष्टा करिए।

4. रासायनिक पदार्थों से जल को मृदु करना

एक परीक्षण-नलिका को भारी पानी और साबुन के घोल की कुछ बूंदों से आधा भर कर फेन बनाने की चेष्टा करिए। उतना ही भारी पानी उबालिए और फिर उतना ही साबुन का घोल डाल कर फेन बनाने की चेष्टा करिए।

स्थायी भारी पानी में थोड़ा कपड़ा धोने का सोडा (सोडियम कार्बोनेट) मिलाइए और साबुन का घोल डाल कर फेन बनाने की चेष्टा करिए। क्या पानी मृदु हो जाता है? फिर से थोड़ा स्थायी भारी पानी लेकर उसमें कुछ सोहागा (सोडियम पायरोबोरेट) मिलाइए और जाच करिए कि क्या अब वह मृदु हो जाता है।

5. किसी चीज को धोकर साफ करने में साबुन पानी की सहायता किस प्रकार करता है

चर्बी या वैसलिन (या घी या तेल) लगा कर दो कपड़ों को गन्दा कर दीजिए। एक को गरम पानी में साबुन के बिना ही धोइए और दूसरे को गरम पानी में और काफी साबुन लगा कर धोइए, जिससे फेन खूब उठे। दोनों कपड़ों को सूखने के लिए डाल दीजिए और देखिए कौन-सा अधिक साफ हुआ है।

6. वसा पर पानी का कार्य-प्रभाव

कांच के एक लम्बे बरतन को पानी से भ[illegible] भरिए। इसके ऊपर लगभग 1 सेंटीमीटर [illegible] ऊंचाई तक तिल का तेल या कोई अन्य [illegible] डालिए। इस मिश्रण को हिलाइए। देखिए [illegible] तेल किस प्रकार नन्हीं-नन्ही बूंदों में [illegible] हो जाता है। इसे स्थिर पड़ा रहने दीजिए। [illegible] देखेंगे कि ये बूंदें अन्त में फिर एक [illegible] हो जाती हैं और ऊपर एकत्र हो जाती हैं। [illegible] बोतल को अलग रख दीजिए और इस प्रयो[illegible] परिणाम की तुलना आगामी प्रयोग के परि[illegible] से करिए।

7. वसा पर साबुन का कार्य-प्रभाव

पिछले प्रयोग के अनुसार ही एक दूसरे [illegible] के बरतन में तेल और पानी डालिए। [illegible] इस बार पानी में या तो आधा प्याला [illegible] साबुन या साबुन की कतरनों को घोल [illegible] बनाया गया गाढ़ा घोल डालिए। मिश्रण को [illegible] हिलाइए। तब स्थिर रहने दीजिए और पि[illegible] प्रयोग से मिले परिणाम से तुलना करिए [illegible] आपको मालूम होगा कि साबुन ने वसा (तेल [illegible] चर्बी) की नन्ही बूंदों को तोड़ डाला है और [illegible] सर्वत्र बिखर गई है तथा मिश्रण दूध के [illegible] लगता है।

8. भारी और हल्के पानी द्वारा धुलाई

दो कपड़ों को गन्दा करिए। एक को हल्[illegible] पानी और साबुन से धोकर साफ करिए। दू[illegible] कपड़े को उतने ही समय तक और उतने [illegible] साबुन का प्रयोग करके भारी पानी से धोइए। [illegible] कपड़ों को सूखने के लिए डाल दीजिए और [illegible] देखिए।

9. साबुन बनाना

साबुन फालतू चर्बी (या तेल) से बनाया [illegible] सकता है। थोड़ी बेकार चर्बी लीजिए और [illegible] तश्तरी में पिघलाइए (या तेल लीजिए)। [illegible] कई परतें बना कर उस चर्बी को छान लीजिए। [illegible] को तौलिए और इस तौल को एक-तिहाई के बराबर

बाजारू कास्टिक सोडा (सोडियम हाइड्राक्साइड) लीजिए। उसे पानी में घोल लीजिए। चर्बी को लोहे की कड़ाही या किसी दूसरे बरतन में गरम करिए। जब वह पिघल जाए तो उसमें कास्टिक सोडे का घोल धीरे-धीरे डालिए और बराबर चलाते रहिए। आंच मन्द रहे ताकि मिश्रण उबल कर बाहर न गिरने पाए। 30 मिनट तक चर्बी और कास्टिक को उबलने दें। बराबर चलाते भी रहिए। इस तरह 30 मिनट तक उबालने के बाद उसमें कास्टिक सोडा से लगभग दुगुनी मात्रा में साधारण नमक डाल दीजिए और अच्छी तरह चलाइए। जब मिश्रण ठण्डा हो जाएगा तो साबुन की तह ऊपर जम जाएगी। केवल साबुन को ले लीजिए। उसे पिघलाइए और दियासलाई की डिबियों में ढाल लीजिए। साबुन की छोटी-छोटी टिकिया बन जाएंगी। क्या यह साबुन अच्छा है?

घ. स्थिर और गतिशील जल

1. दाब

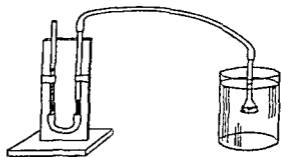
कीचड़ लगे नंगे पैर से या जूता न पहन कर कागज पर खड़े होइए और अपने पैर की छाप बनाइए। किसी वर्गांकित कागज की सहायता से उसका क्षेत्रफल ज्ञात करिए और प्रति वर्ग सेंटीमीटर पर कितना बल (भार) पड़ रहा है, इसका आकलन करिए। अगर आप एक पैर पर खड़े होंगे तो आपका भार केवल आधे क्षेत्र पर वितरित होगा। परिणाम यह होगा कि दाब प्रति वर्ग सेंटीमीटर बढ़ जाएगी (दुगुनी हो जाएगी)। नई दाब का भी आकलन किया जा सकता है।

2. भार और दाब में अन्तर

लकड़ी की एक इष्टिका को इस तरह काटिए कि उसका एक ओर का भाग दूसरी ओर के भाग से छोटा हो जाए परन्तु पहला भाग भी वर्गाकार ही रहे। चित्र में देखिए। दोनों ओर के भागों को बारी-बारी से मिट्टी या प्लास्टिसीन की मोटी तह पर रख कर दबाइए। प्रत्येक बार समान बल लगाइए। मिट्टी या प्लास्टिसीन पर जो भिन्न-भिन्न गहराइयां बनेंगी, उनसे दोनों दाबों का अन्तर मालूम किया जा सकता है।

3. यह देखना कि द्रव वस्तुओं पर दाब डालते हैं

15 सेंटीमीटर लम्बी दो काच-नलिकाओं को या लेमन पीने की दो प्लास्टिक की पारदर्शक नलिकाओं को किसी छोटी-सी रबड़-नलिका से जोड़िए और चित्र के अनुसार उन्हें एक आधार-स्तम्भ पर जड़ दीजिए।

नलिकाओं में लगभग 6 या 8 सेंटीमीटर की गहराई तक रंगीन पानी डाल दीजिए। यही आपका दाब-मापी है। छोटी कीप के मुंह पर पतला रबड़ खींच कर लगाइए और उसे धागे या डोर से अच्छी तरह बांध दीजिए। कीप को अपने दाब-मापी के साथ 30 सेंटीमीटर लम्बी रबड़-नलिका से जोड़िए। बाल्टी में पानी के भीतर कीप डाल दीजिए और दाब-मापी को देखते रहिए।

4. जल की दाब गहराई के अनुसार बदलती है

पिछले प्रयोग के लिए बनाया गया दाब-मापी लीजिए। काच के एक लम्बे बरतन या बाल्टी में पानी भरिए। अपने दाब-मापी से मापिए कि बाल्टी के पानी के ऊपरी तल के ज़रा नीचे कितनी दाब है। फिर पेंदी के पास की दाब नापिए। गहराई के साथ दाब किस प्रकार बढ़ती है?

5. दाब द्रव पर निर्भर है

कांच के दो बरतन लीजिए, जिनमें आपके दाब-मापी की कीप चली जाए। एक में पानी भरिए

M14DPD/62—18

ग्रौर दूसरे में (उतनी ही गहराई तक) कोई कम घनत्व का द्रव, उदाहरणार्थ स्पिरिट । पानी के बरतन की पेंदी पर दाब मापिए ग्रौर फिर स्पिरिट के बरतन की पेंदी पर । एक ही गहराई में दोनों दाबें भिन्न-भिन्न क्यों हो जाती हैं ?

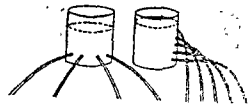
6. बड़े ग्रौर छोटे बरतनों में एक ही गहराई पर दाब समान रहती है

ऊपर के प्रयोगों में जिस दाब-मापी से काम लिया गया था, वही दाब-मापी लीजिए । छोटे व्यास का एक लम्बा बरतन ग्रौर एक बड़े व्यास का बरतन लीजिए । दोनों बरतनों में समान गहराई तक पानी भरिए । प्रत्येक बरतन की पेंदी पर दाब नापिए । उनकी तुलना करिए ।

7. दूसरे प्रयोग द्वारा यह दिखाना कि गहराई के बढ़ने के साथ-साथ दाब भी बढ़ती है

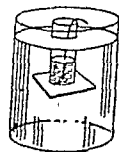
टीन का एक लम्बा डिब्बा लीजिए । पार्श्व में तीन-तीन सेंटीमीटर पर एक सीध में छेद करिए । इन छेदों पर चिपकाऊ फीते का एक टुकड़ा चिपका दीजिए (या छात्रों से कहिए कि अपनी ग्रंगुलियों से वे इन छेदों को बन्द रखें) । डिब्बे में पानी भर दीजिए । पानी सबसे ऊपर वाले छेद के ऊपर तक पहुंच जाए । डिब्बे को ऐसी जगह, उदाहरणार्थ सिंक के ऊपर, रखना चाहिए जहां पानी गिरने से हानि न हो । फिर शीघ्रता से चिपकाऊ पट्टी को छेदों पर से नीचे से पकड़ कर उखाड़ डालिए । देखिए कि छेदों से निकलने वाली धारें बरतन से कितनी दूर तक पहुंचती हैं ।

8. पानी की दाब सब दिशाग्रों में बराबर होती है

टीन का एक लम्बा डिब्बा लीजिए । पेंदी के पास कील ठोंक कर चारों ग्रोर छेद करिए । पिछले प्रयोग की तरह चिपकाऊ फीते से छेदों को बन्द करिए । डिब्बे को पानी से भरिए ग्रौर डिब्बे को सिंक पर (या जहां भी पानी गिरने से हानि न हो) रख कर फीते की पट्टियों को उखाड़ दीजिए । देखिए ग्रौर तुलना करिए कि पानी चारों ग्रोर कितनी-कितनी दूरी तक पहुंचता है ।

9. किसी दी हुई गहराई पर ऊपर ग्रौर नीचे की दिशाग्रों में दाब समान होती है

कांच का बेलन लीजिए, जो कम-से-कम 1[illegible] सेंटीमीटर लम्बा हो ग्रौर 4 सेंटीमीटर [illegible] का हो । ऐसी नलिका ग्रालिव ग्रायल की बोतल के समान किसी ऐसी बोतल से, जिसकी दीवारें सीधी हों, पेंदी काट देने पर बनाई जा सकती है (पृष्ठ 281 देखिए) । ग्रथवा ट्यूब लाइट के कांच ग्रथवा पारदर्शक प्लास्टिक नलिका से भी काम चलाया जा सकता है । गत्ते की नलिका से भी काम चल सकता है परन्तु पहले उसे पिघले मोम (मोमबत्ती के मोम) में डुबा देना चाहिए या स्पिरिट में लाख का घोल बना कर उससे कई बार रंग देना चाहिए ।

गत्ते का एक वर्गाकार टुकड़ा काटिए जिसकी प्रत्येक भुजा 5 सेंटीमीटर की हो । उस पर मोम या लाख की तह चढ़ा दीजिए । केन्द्र में एक लम्बा धागा या डोर फीते से चिपका दीजिए । धागे को नलिका में डाल कर दूसरी ग्रोर से बाहर निकाल लीजिए ग्रौर धागे को तान कर गत्ते को कांच-नलिका की पेंदी से चिपकाए रहिए । ग्रब नलिका को किसी बड़े बरतन में रखे पानी में डालिए । गत्ते वाला सिरा नीचे रहे । धागे को छोड़ दीजिए । ग्रब नलिका के भीतर रंगीन पानी छोड़िए । देखिए कि नलिका में कितना पानी डालने पर गत्ता गिरता है ।

10. सम्तुलित जल-स्तम्भ

लगभग एक ही लम्बाई की परन्तु विविध आकृतियों की बोतलें लीजिए और उनके पेंदे निकाल दीजिए। इसकी विधि जानने के लिए पृष्ठ 281 देखिए। बोतलों म काग या डाट लगाइए जिन में चित्र में दिखाई गई रीति से नलिकाएं लगाई गई हों। अब बोतलों को चित्र में दिखाई गई रीति से आपस में जोड़िए। बोतलों में रंगीन पानी यहां तक डालिए कि वे प्रायः भर जाएं। इस प्रयोग से फिर यह ज्ञात होता है कि किसी द्रव में दाब बरतन की नाप या आकृति पर निर्भर नहीं होती, वह केवल गहराई पर निर्भर रहती है।

11. जल के दाब की सहायता से भार उठाना

रबड़ की बनी गरम पानी रखने की थैली लीजिए। इसके मुंह में एक छेद की एक डाट लगाइए और उसमें एक छोटी कांच-नलिका लगाइए। अब एक डिब्बा लीजिए और उसकी पेंदी मे एक इतना बड़ा छेद करिए कि उसमें वह छेद वाली डाट लगाई जा सके। इस डाट में भी एक छोटी कांच-नलिका लगाइए। पानी के थैले और डिब्बे को रबड़-नलिका से सम्बद्ध करिए। नलिका कम-से-कम 1.25 सेंटीमीटर लम्बी होनी चाहिए। थैले के जोड़ के नीचे-ऊपर तार लपेट ना बुद्धिमता का कार्य होगा। थैले, नलिका और डिब्बे को पानी से भर दीजिए। थैले को भूमि पर रखिए। उस पर एक पटरा रख दीजिए। उस पटरे पर कुछ पुस्तकें या अन्य भारी वस्तु रख दीजिए। अब डिब्बे को ऊपर उठाइए और पटरे पर रखे भार को देखिए। यह भी देखिए कि डिब्बे को यथासम्भव ऊपर उठाने से थैले द्वारा अधिक-से-अधिक आप कितना भार उठा सकते है।

12. पा ी को संपीडित नहीं किया जा सकता

सोडा रखने की बोतल मे एक छेद वाली डाट लगाइए। छेद में दवा टपकाने वाली नलिका की काच-नलिका लगा दीजिए पर इसका पतला सिरा ऊपर (बाहर) रहे। बोतल को ऊपर तक पानी से भरिए और कस कर डाट लगाइए, यहां तक कि टपकाने वाली नलिका मे पानी कुछ दूर तक अवश्य चढ़ जाए। अब बोतल को हाथ मे लेकर काग को यथा-सम्भव जोर से दबाइए। पानी नलिका में चढ़ जाएगा क्योंकि पानी को दबा कर उसका आयतन घटाया नहीं जा सकता। क्या आप पानी को नलिका के बाहर तक पहुंचा सकते हैं?

किसी शीशी को पानी से भरिए। उसमें एक अच्छा काग कस कर लगा दीजिए। काग को हथौड़े से तेजी से मारिए। शीशी फट जाएगी।

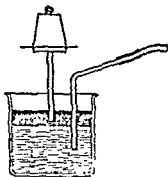
13. द्रव-चालित उच्चालित्र (एलिवेटर) की प्रतिकृति बनाना

माल ढोने वाले और यात्रियों को ऊपर पहुंचाने वाले कुछ उच्चालित्र जल की दाब की शक्ति से चलते हैं। मोटरकार के हाथ वाले पम्प की सहायता से आप इसकी एक प्रतिकृति (मॉडल) बना सकते हैं। पम्प से निकली नलिका मे एक लम्बी रबड़-नलिका जोड़ दीजिए। जोड़ों को तार से बांध दीजिए, जिससे वे

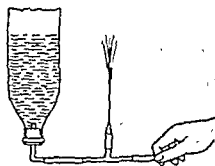
खुल न जाएं। अब नलिका के दूसरे सिरे को पानी के नल से एक छेद की रबड़ की डाट द्वारा जोड़ दीजिए। नलिका और डाट के जोड़ पर तार बांधिए। एक छात्र को पम्प के हत्थे पर बिठा दीजिए और उसे सहारा दीजिए ताकि वह गिरने न पाए। पानी को धीरे-धीरे खोलिए और देखिए कि हैंडल के साथ-साथ छात्र भी ऊपर उठता है या नहीं। सम्भव है आपको पानी के नल की डाट को हाथ से पकड़ना पड़े ताकि वह निकल न जाए (यह प्रयोग उन्हीं नगरों में किया जा सकता है जहां पानी के नल लगे हों और पानी पर्याप्त दाब के साथ आता हो)।

14. सरल द्रव-चालित दाबक

जल-चालित दाबक (प्रेस) के सिद्धान्त को निम्नलिखित प्रतिकृति बना कर स्पष्ट किया जा सकता है :

किसी बेलनाकार बरतन को पानी से आधा भरिए। ऊपर पिघला मोम (मोमबत्ती वाला मोम) डालिए। यह पिस्टन का काम देगा। मोम जब ठण्डा होने लगे तब उसमें एक कांच-नलिका डाल कर उसको पकड़े रहिए। जब मोम जम जाए तो उससे एक जल-अभेद्य पिस्टन बन जाएगा। नलिका में मुंह लगा कर धीरे-से भीतर फूंकिए तो पिस्टन ऊपर उठेगा। इस प्रकार पिस्टन पर रखे काफी भारी बोझ उठाए जा सकते हैं।

15. जल-कुट्टक की प्रतिकृति

जल-कुट्टक का उपयोग किसी निचले तल से पानी को किसी ऊपरी तल तक उठाने के लिए किया जाता है। वे जल की बहती हुई धारा से चालित होते हैं। आप जल-कुट्टक की एक प्रतिकृति बना सकते हैं। सोडावाटर की बोतल लीजिए, जिसकी पेंदी निकाल दी गई हो (पेंदी निकालने की विधि के लिए पृष्ठ 281 देखिए)।

बोतल में एक छेद वाली रबड़ की एक डाट लगाइए। डाट में छोटी कांच-नलिका लगाइए। इसको कांच अथवा धातु की तिनमुंही (T जैसे आकार की) नलिका के एक मुख से जोड़िए। इस नलिका के एक सिरे में छोटी-सी रबड़-नलिका लगाइए। तीसरे मुख में चंचुमुखी कांच-नलिका (जेट) रबड़-नलिका की सहायता से लगाइए जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। बोतल में पानी भरिए और अन्तिम नलिका को अंगुलियों से दबाए रखिए। अंगुलियां ढीली करिए और पानी बहने दीजिए। फिर अचानक अंगुलियां दबा कर पानी का बहना बन्द कर दीजिए और देखिए कि चंचु से पानी कितना ऊपर उछलता है। बारी-बारी से पानी को बहने दीजिए और रोकिए। जल-कुट्टक इसी प्रकार चालित होता है।

16. प्रतिक्रिया द्वारा चालित जल-टरबाइन

एक सोडावाटर की बोतल की पेंदी निकालिए। पेंदी के पास डोर बांधिए और बोतल को चित्र में दिखाई गई रीति से लटका दीजिए। बोतल के मुंह में दो छेदों वाली एक डाट लगाइए। चित्र में दिखाई रीति से इन छेदों में दो मुड़ी हुई नलिकाएं लगा दीजिए। इन नलिकाओं के सिरों को गरम करके और फिर खींच कर,

पहले से ही चंचु (जेट) के आकार का बना दिया जाता है। बोतल में पानी भरिए और जब पानी चंचुओं में से निकलने लगे तो टरबाइन (बोतल) के चारों ओर घूमने लगेगा।

17. पनचक्की की प्रतिकृति

चक्की के केन्द्रीय भाग को धागे की रील या काग से बनाया जा सकता है। बगल में सीधे खांचे काटिए जो किनारे तक जाएं। इन चीरों या खांचों में पतली लकड़ी या टीन के टुकड़े लगा दीजिए। ये क्षेपणी (पैडल) का काम देंगे।

धुरी बांस या लोहे की तीली या बुनन की सलाई से बनाई जा सकती है। टाइपराइटर के फीते की रील या चिपकने वाले प्लास्टर की

रील से भी ऐसा कामचलाऊ उपकरण बनाया जा सकता है। पनचक्की को जल-शक्ति देने के लिए पानी किसी टंकी की टीन की अर्धवेलनाकार पनाली से पनचक्की पर गिराना चाहिए।

ङ. डूबना और तिरना

1. वस्तुओं के डूबने या तिरने का क्या कारण है

सीसे, रांगे या अलमीनियम की पन्नी (फायल) से एक छोटी-सी नाव बनाइए और उसे बाल्टी के पानी पर तैरा दीजिए। अब नाव को उठा कर पन्नी की गोली का रूप दे दीजिए और उसे तैराने की चेष्टा करिए। आप क्या देखते हैं? इसके लिए आप सबसे अच्छी व्याख्या क्या दे सकते हैं?

2. जल की उत्प्लावकता

धातु का एक डिब्बा लीजिए, जिस पर कस कर बैठने वाला ढक्कन लगा हो, जैसे सिगरेट का डिब्बा या काफी का डिब्बा। ढक्कन लगा कर डिब्बे को बाल्टी के पानी में डुबा दीजिए (ढक्कन नीचे रहे) और तुरन्त छोड़ दीजिए। इसको दोहराइए, परन्तु प्रत्येक बार डिब्बा किसी नई स्थिति में पानी के भीतर पहुंचे। क्या आप डिब्बे पर ऊपर की दिशा में पानी के बल का अनुभव कर सकते हैं? डिब्बे में कुछ पानी डाल कर प्रयोग को दोहराइए। थोड़ा-थोड़ा करके डिब्बे में पानी डालते जाइए और प्रयोग को दोहराते जाइए, यहां तक कि डिब्बा तैर न पाए।

3. जल की उत्प्लावकता को देखने की दूसरी रीति

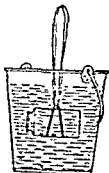
एक समभुज तुला बनाइए (निर्माण-विधि के लिए पृष्ठ 42 देखिए)। सोडावाटर की दो बोतलें लीजिए और रस्सी के फन्दे से उन्हें डण्डी की भुजाओं से इस प्रकार लटका दीजिए कि वे ठीक-ठीक सन्तुलित रहें। एक बोतल के नीचे पानी से भरी हुई एक बाल्टी रखिए और बाल्टी को इतना उठाइए कि बोतल का कुछ अंश पानी में डूब जाए। देखिए क्या होता है?

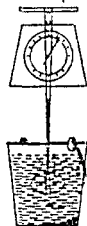
4. जल की उत्प्लावकता का स्वयं अनुभव करना

एक बड़ा-सा काग लीजिए और उसे पानी से भरी हुई एक बाल्टी की पेंदी तक ले जाइए। देखिए कि काग को पेंदी पर पकड़े रहने मे आपको कितना बल लगाना पड़ता है। इस प्रयोग को दोहराइए परन्तु अब की बार काफी बड़ी बोतल लीजिए, जिसका मुंह डाट से बन्द कर दिया गया हो। क्या इसे डुबाए रखने के लिए अधिक बल की आवश्यकता पड़ती है?

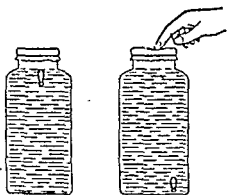
रबड़ के गुब्बारे को फूक कर फुला लीजिए और उसे बाल्टी के पेंदे तक डुबा दीजिए। काग और बोतल को पानी मे डुबाए रहने की अपेक्षा अब कितना बल लगाना पड़ता है?

5. जल की उत्प्लावकता को देखने की एक अन्य रीति

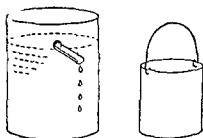
ऐसा डिब्बा लीजिए जिसमें कस कर बैठने वाला ढक्कन हो, जैसे सिगरेट का डिब्बा या काफी का डिब्बा। डिब्बे को पानी से भर दीजिए और ढक्कन लगा दीजिए। डिब्बे पर डोर का दोहरा फन्दा डाल कर (या अन्य किसी प्रकार से) उसे बांधिए और तब इस डोर में रबड़ का बड़ा छल्ला (या पुराने बाइसिकिल-ट्यूब से काटी गई पट्टी) जोड़ दीजिए। रबड़ के छल्ले को पकड़ कर डिब्बे को उठाइए और देखिए कि रबड़ कितना खिंच जाता है। अब डिब्बे को पानी की बाल्टी मे डूबने दीजिए और देखिए कि रबड़ कितना खिंचता है। दोनों में यह अन्तर क्यों है?

6. पत्थर का भार पानी में कम हो जाता है

एक बड़ा-सा पत्थर लीजिए और उसे कमानीदार तुला से तोलिए। रस्सी के दोहरे फन्दे से (या अन्य किसी रीति से) पत्थर को बांधिए और पानी की बाल्टी में लटका कर तोलिए। भार में अन्तर क्यों पड़ गया?

7. चमत्कारी गोताखोर कैसे बनाया जाए

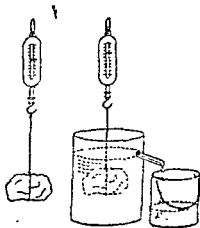
कांच का एक लम्बा बरतन लीजिए, जिसका मुह काफी चौड़ा हो। दवा टपकाने वाली नालिका की रबड़ की खोखली घुण्डी के पतले भाग पर तांबे का तार दो-चार बार लपेट दीजिए। बरतन में ऊपर तक पानी भरिए। रबड़ की घुण्डी में थोड़ा पानी डाल दीजिए और उसे बरतन में तैरने दीजिए। घुण्डी में इतना पानी रहे कि वह लगभग डूबने ही वाली हो। इस अवस्था में रबड़ का प्रायः सम्पूर्ण भाग पानी के भीतर रहेगा। परन्तु इसके लिए कई बार जल की मात्रा घटानी-बढ़ानी पड़ेगी। घुण्डी को दबा कर हवा को एक-एक बुलबुला करके बाहर निकाल दीजिए। प्रत्येक बार देखिए कि बुलबुला छोड़ने पर घुण्डी का कितना भाग पानी के ऊपर रहता है। जब गोताखोर (रबड़ की घुण्डी) समंजित हो जाए तो बोतल के मुंह में एक डाट लगा दीजिए अथवा मोटरकार की भीतरी ट्यूब से एक टकड़ा रबड़ काट कर बांध दीजिए। डाट पर रबड़ को दबाने से गोताखोर डूबेगा, दाब हटाने से गोताखोर ऊपरी तल तक उठेगा। यदि गोताखोर कांच की छोटी परीक्षण-

नलिका अथवा दवा की छोटी शीशी से बनाया जाए तो गोताखोर के डूबने या तिरने के समय उसके भीतर के पानी का स्तर देख कर उसकी कार्य-पद्धति समझाई जा सकती है ।

8. निःस्रावी पात्र और ग्राही बाल्टी कैसे बनाए जाएं

डूबने और तिरने से सम्बन्धित ये उपकरण आर्किमिडीज के सिद्धान्त के अध्ययन के लिए उपयोगी हैं । निःस्रावी पात्र बनाने के लिए एक ऐसा डिब्बा लाइए जो 10 या 20 सेंटीमीटर ऊंचा हो और जिसका व्यास 7 या 8 सेंटीमीटर हो । डिब्बे के ऊपरी सिरे से लगभग 3 सेंटीमीटर नीचे कील ठोंक कर एक छेद करिए । गोल रेती अथवा किसी औजार से इस छेद को इतना बड़ा करिए कि उसका व्यास पेंसिल के व्यास से कुछ बड़ा हो जाए । अब एक दूसरे डिब्बे से धातु लेकर एक टोंटी बनाइए । टोंटी वाले टीन की लम्बाई लगभग 6 सेंटीमीटर रहे । टोंटी के ऊपरी सिरे में 1 सेंटीमीटर लम्बी दो कोरें (फ्लैंज) बनाइए और टोंटी को डिब्बे के भीतर डाल कर इनको मोड़ दीजिए ताकि टोंटी को भीतर से भी सहारा मिलता रहे । टोंटी को यथास्थान लगा कर भीतर और बाहर टांके से (रांगा और सीसा के मिश्रधातु से) जोड़ दीजिए ।

ग्राही बाल्टी इससे कुछ छोटे डिब्बे से बन सकती है । डिब्बे के माथे के पास दो छेद बना दीजिए, जो आमने-सामने रहें । इस बाल्टी में तार का एक हत्था लगा दीजिए ।

9. डूबने वाले पिण्ड

निःस्रावी पात्र में इतना पानी भरिए कि पानी टोंटी तक पहुच जाए (और टोंटी से थोड़ा पानी टपकने लगे) । ऐसा पत्थर लीजिए जो इस पात्र मे आ सके । पत्थर मे एक डोर बांधिए और कमानीदार तुला से पत्थर को तोलिए । ग्राही बाल्टी को तोलिए । रोपन बाल्टी को टोंटी के नीचे रखिए । पत्थर को पानी में डूब जाने दीजिए और तब उसकी तौल लिखिए । क्या अब भी उसकी तौल उतनी ही है जितनी हवा में थी ? पत्थर द्वारा हटाया गया पानी ग्राही बाल्टी में गया होगा । इस तौल मे से बाल्टी की तौल घटा दीजिए । इस प्रकार विस्थापित जल की तौल ज्ञात हो जाएगी ।

हवा की बजाय पानी में तोलने पर पत्थर की तौल में जो आभासी कमी होती है, उसकी तुलना हटाए गए जल की तौल से करिए । डूबने वाले अन्य पिण्ड को लेकर इस प्रयोग को दोहराइए ।

10. प्लावी (तिरने वाले) पिण्ड

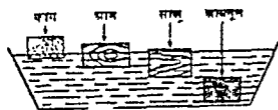
निःस्रावी पात्र को पानी मे भर दीजिए और

फालतू पानी को बह जाने दीजिए, यहा तक कि पानी का तल टोंटी के तल के बराबर हो जाए। एक ऐसी लकड़ी का टुकड़ा लीजिए जो पानी में आधा या अधिक ही डूब कर तैरता हो (जैसे शीशम या साखू की लकड़ी) और बाल्टी में आ सके। ग्राही बाल्टी को टोंटी के नीचे रखिए। लकड़ी को नि.स्रावी पात्र मे (धीरे-से) रखिए और देखिए कि तुला का पाठ्यांक कितना हो जाता है। ग्राही बाल्टी और जल की सम्मिलित तौल से ग्राही बाल्टी की तौल घटा कर हटाए गए जल की तौल ज्ञात करिए। तैरती लकड़ी की तौल में तथा विस्थापित जल की तौल में क्या सम्बन्ध है ? अन्य तैरते पिण्ड को लेकर इस प्रयोग को दोहराइए।

11. तैरती हुई मोमवत्ती के साथ प्रयोग

मोमवत्ती की पेंदी में एक कील घुसा दीजिए। कील का भार इतना हो कि जब मोमवत्ती तैरे तो उसका ऊपरी सिरा पानी के तल से थोड़ा ही ऊपर रहे। मोमवत्ती और कील को एक लम्बे गिलास में तैरने दीजिए। मोमवत्ती को जला दीजिए और जब तक वह लगभग सारी न जल जाए उसे देखते रहिए। जलने के कारण मोमवत्ती का भार बराबर घटता रहेगा। तो फिर वह बराबर तैरती क्यों रहती है ?

12. विविध प्रकार की लकड़ियों से प्लवन सम्बन्धी प्रयोग

एक काग, हल्की लकड़ी जैसे सेमर या आम, भारी लकड़ी जैसे शीशम या साखू, और आबनूस के टुकड़े लीजिए (ये समकोणीय हों तो अच्छा है)। उनको पानी की बाल्टी में डालिए और देखिए कि प्रत्येक क्या करता है। क्या आप इसका कारण बता सकते हो ?

13. तैरते हुए अण्डे से प्रयोग करना

एक साधारण गिलास में ताजा पानी भर कर उसमें एक अण्डा रखिए और ध्यान से उसका निरीक्षण करिए। फिर पानी में नमक घोलिए और देखिए कि अण्डा अब भी तैरता है या नहीं। क्या आप इसका कारण बता सकते हैं ? वर्तमान प्रयोग और इस तथ्य में क्या सम्बन्ध है कि जहाज समुद्र के जल में कम डूबे रहते हैं तथा मीठे पानी में अधिक।

नमक के पानी में अण्डा ताजे पानी में अण्डा

14. आर्किमिडीज के सिद्धान्त पर प्रयोग

पाखानों मे जल बहाने के लिए पानी की जो टंकी लगाई जाती है, उसकी तांबे वाली गेंद लीजिए। गेंद की सन्धि खोल कर उसके भीतरी आधे भाग में साइकिल वाल्व टांके से लगा दीजिए। दूसरे आधे भाग में सीसा या सीसे का छर्रा यहां तक भरिए कि समूची गेंद पानी में तिर सके (अर्थात् यहां तक कि तनिक-सा भी अधिक भारी होने पर वह डूब जाए)। जरा-सी प्लास्टिसीन लगा कर जोड़ को कामचलाऊ बनाया जा सकता है।

सारी व्यवस्थाए करने के बाद गेंद के दोनों भागों को परस्पर टांके से जोड़ दीजिए और अन्तिम काम यह करिए कि वाल्व-ग्राही (वाल्व-होल्डर) की गरदन पर तांबे का तार लपेट दीजिए। जब कभी यह पूछा जाता है—"वस्तुएं क्यों तैरती हैं" तो अवश्य ही छात्र कहते हैं—"कारन यह है कि उनके भीतर वायु है"। यदि इस उत्तर को मान लिया जाए तो उनमें हवा रहने से उन्हें अधिक अच्छी तरह तैरना चाहिए।

परन्तु इस उपकरण में लगातार बीस बार भी पम्प से हवा भरें तो भी गेंद डूब जाती है ।

इसी प्रयोग को फुटबाल या धातु की जल-बोतल की सहायता से भी करिए ।

15. शरबत पीने की नलिका से द्रवघनत्व-मापी बनाना

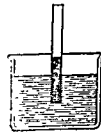
शरबत पीने की नलिका या कोई प्राकृतिक पोली वृन्त (जैसे नरकट या बांस) लीजिए जो लगभग 20 सेंटीमीटर लम्बी हो (और सर्वत्र एक व्यास की हो) । यदि वह जल-अभेद्य न हो तो उसे पिघली मोमबत्ती में डुबा लीजिए, और सूखने दीजिए । एक सिरे को मोम से बन्द कर दीजिए और नलिका के भीतर सीसे का छर्रा या महीन बालू इतनी मात्रा में डालिए कि नलिका पानी में सीधी खड़ी होकर तैरने लगे । नलिका में थोड़ा पिघला मोम डालिए, जिसमें भीतर डाला पदार्थ (छर्रा या बालू) अपने स्थान में पड़ा रहेगा । नलिका को ऊपर-नीचे खिसकाने के लिए उसके तने पर रबड़ का पतला छल्ला या काला धागा बांध दीजिए । धागा चिह्न का भी काम करेगा ।

नलिका में जहां तक जल हो, उस स्थान पर चिह्न लगाइए । तब नलिका को पानी के बाहर निकाल लीजिए और पेंदी से जल के चिह्न तक की दूरी नापिए । मान लीजिए यह क सेंटीमीटर है । अब मान लीजिए कि जल का आपेक्षिक गुरुत्व (स्पेसिफिक ग्रेविटी) का क्षेत्रफल सर्वत्र समान है । तब हम नलिका पर विविध द्रवों के आपेक्षिक गुरुत्वों को नापने के लिए, उदाहरणार्थ 0 6 से 1.2 तक के आपेक्षिक गुरुत्वों को नापने के लिए, निम्नलिखित सूत्र में चिह्न लगा सकते हैं :

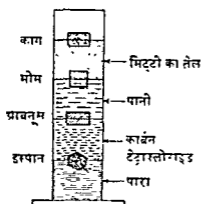
$$\text{पेंदी से जल के चिह्न तक नलिका की लम्बाई} = \frac{\text{क}}{\text{द्रव का आपेक्षिक गुरुत्व}}$$

16. किसी ऐसे द्रव का आपेक्षिक गुरुत्व जो जल में मिश्रित नहीं होता

दोनों ओर खुली हुई एक नलिका लीजिए और उसे पानी में अंशतः डुबा कर (ऊर्ध्वाधर) रखिए । इस नलिका में इतना तेल छोड़िए कि पानी नलिका से होकर निचले सिरे तक निकल जाए । पूरे तेल-स्तम्भ और डूबी नलिका की सापेक्ष लम्बाइयां (अर्थात् दोनों की लम्बाइयों का अनुपात) तेल के आपेक्षिक गुरुत्व का मान बताती है ।

अगर द्रव जल से भारी हो तो द्रव को बरतन में रखिए और नलिका में जल छोड़िए ।

17. विविध द्रवों का प्लवन

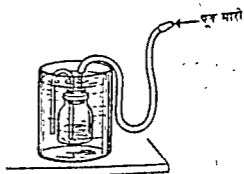
कांच का एक लम्बा पतला बरतन (परीक्षण-नलिका या बोतल) लीजिए । निम्नलिखित द्रवों को भी इकट्ठा करिए : पारा, कार्बन टेट्राक्लोराइड,

पानी और मिट्टी का तेल। लोहे या इस्पात की एक छोटी गोली (जैसे साइकिल का छर्रा) या लोहे की छोटी ढिबरी या कावला, आबनूस या पानी में डूबने वाली किसी लकड़ी का एक छोटा टुकड़ा, मोमबत्ती का मोम, एक काग, आदि की भी आवश्यकता पड़ेगी। बरतन में पहले कुछ पारा डालिए और तब क्रम से कुछ कार्बन टेट्राक्लोराइड, पानी और मिट्टी का तेल। चारों ठोस पदार्थों को बरतन में डाल दीजिए। आप देखेंगे कि लोहा ऊपर के तीन द्रवों में डूब जाता है परन्तु पारे पर तैरता है। आबनूस ऊपर के दो द्रवों में डूब जाता है परन्तु कार्बन टेट्राक्लोराइड पर तैरता है, मोम मिट्टी के तेल में डूब जाता है परन्तु पानी पर तैरता है और काग मिट्टी के तेल पर तैरता है।

18. पनडुब्बी को कैसे उठाया और गिराया जाता है

चौड़े मुंह की छोटी शीशी लीजिए और उसकी पेंदी में लोहे के या पत्थर के इतने टुकड़े रखिए कि वह डूबने न पाए। पत्थर के टुकड़ों पर पिघला मोम डाल कर उन्हें स्थिर कर दीजिए। शीशी खड़ी स्थिति में तैरे। शीशी में दो छेदों वाला एक काग लगाइए। एक छेद में U की आकृति की कांच-नलिका लगाइए, जो शीशी की पेंदी तक पहुंचे। दूसरे में छोटी कांच-नलिका लगाइए और उसमें एक रबड़-नलिका जोड़िए। शीशी को पानी के किसी बड़े बरतन में रखिए।

रबड़-नलिका में मुंह लगा कर और चूस कर कुछ हवा निकाल लीजिए। इससे शीशी में साइफन द्वारा पानी घुसेगा और शीशी डूब जाएगी। पानी के एक अंश को फूंक कर निकाल देने से बोतल को ऊपर उठाया जा सकता है।

वस्तुतः पनडुब्बी के इंजीनियर पनडुब्बी की उत्प्लावकता को पानी के बराबर रखते हैं और तब पानी के ऊपर आने या पानी के नीचे जाने के लिए उच्चालित्रों (एलिवेटर्स) का उपयोग करते हैं। तल पर रहने के लिए वे उठने के बाद टंकियों के पानी को 'फूंक कर बाहर' निकाल देते हैं। जब पनडुब्बी पानी में डूबी रहती हैं तब टंकियों को संपीडित वायु से खाली करना सुगम नहीं होता।

यह प्रयोग यह भी बताता है कि डूबे जहाजों को उठाने के लिए टंकियों या पीपों का उपयोग किस सिद्धान्त पर किया जाता है। पूर्वोक्त शीशी में एक बोझ बांध दीजिए, दोनों को पानी में डूबने दीजिए और शीशी में हवा फूंक कर बोझ को उठाइए।

च. द्रवों के तल

पानी तथा अन्य द्रवों के ऊपर एक पतला पटल (फिल्म) होता है, जिससे उनका तल ढका रहता है। यह तल-पटल द्रव पर तना रहता है और इसे बहुधा तल-तनाव (सर्फेस टेन्शन) भी कहते हैं। द्रव तलों के साथ कई-एक रोचक प्रयोग किए जा सकते हैं।

1. पानी पर सूई तैराना

इस्पात की सूई को अच्छी तरह सुखा लीजिए। उसे खाना खाने के कांटे के कांटों पर रखिए और कांटे को धीरे-से तश्तरी में रखे पानी में ले जाइए। यदि आप यह काम सावधानी से करेंगे तो जब कांटे डूब जाएंगे तब सूई तैरती रह जाएगी और आप कांटे को बाहर निकाल लें। पानी के तल को ध्यान से देखिए। क्या आप देख सकते हैं कि सूई के भार से पानी का तल किस प्रकार दबा हुआ-सा जान पड़ता है?

2. रेजर ब्लेड को तैराना

एक इस्तेमाल किया हुआ रेजरब्लेड लीजिए, जिसके दोनों तरफ धार हो। उसे पानी के तल पर तैराने की चेष्टा करिए। फिर तल का निरीक्षण करिए और देखिए कि तल-पटल रेजर ब्लेड के नीचे दब जाता है या नहीं।

3. जल-तल को ऊपर उठाना

पिन के नोक वाले सिरे को मोड़ कर या पतले तार को मोड़ कर अंकुश बना लीजिए। अंकुश की नोक को खूब तेज कर लीजिए। पानी पीने के गिलास में पानी भरिए और अपनी आंख को पानी के तल के समतल रखिए। अंकुश के सिरे को पानी में डुबा दीजिए और उसकी नोक को इतना उठाइए कि वह पानी के तल (सरफेस) को छू दे। यदि आप सावधानी से काम करेंगे तो नोक तल को छेद करके बाहर नहीं आएगी। वह तल को जरा-सा ऊपर उठा देगी।

4. छलनी में पानी रखना

तार की घरेलू छलनी की जाली पर थोड़ा-सा तेल डालिए और फालतू तेल को झटकार दीजिए, जिससे छेद खुल जाए। एक झारी (पिचर) से छलनी पर सावधानी से पानी छोड़िए कि पानी छलनी की दीवारों से होकर नीचे उतरे। जब छलनी लगभग आधी भर जाए तो उसे बाल्टी के ऊपर कुछ ऊंचाई पर पकड़ कर पेंदी का निरीक्षण करिए। आप देखेंगे कि पानी छेदों में से निकलने की चेष्टा कर रहा है परन्तु तल-तनाव उसे इस ओर नहीं निकलने देता। छलनी की पेंदी को अपनी अंगुली से छू दीजिए। पानी इस पार निकल आएगा।

5. डिब्बे के ढक्कन से एक प्रयोग

डिब्बे का ढक्कन लीजिए और उसमें महीन कील और हथौड़ी से बहुत-से छेद कर दीजिए। उसे बाल्टी के पानी में तैरा दीजिए। क्या पानी छेदों में से होकर ऊपर चढ़ता है? ढक्कन को निकालिए और अब उसे झारी से पानी डाल कर भरिए कि पानी ढक्कन की दीवारों से सट कर ढक्कन के भीतर पहुंचे। क्या पानी ढक्कन के बाहर गिरता है?

6. पानी को गिलास के तल से ऊपर उठाना

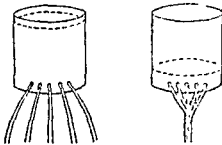
पानी पीने के एक गिलास को थाली या तश्तरी में रखिए। गिलास की बारी को सूखे कपड़े से पोंछ दीजिए। गिलास में इतना पानी डालिए कि वह ऊपर तक भर जाए। आप देखेंगे कि पानी गिलास के माथे से कई मिलीमीटर ऊपर तक भरा जा सकता है। अब गिलास में सिक्कों या धातु की पतली वाशरें को उनकी धार के बल धीरे-धीरे डालिए। देखिए कि इनको पानी में डाल कर पानी को बिना गिराए हुए आप तल को कितना ऊपर उठा सकते हैं?

7. ब्रुश को नुकीला करना

रंगने का कोई भी ब्रुश लीजिए और उसके बालों को देखिए। अब ब्रुश को पानी में डुबो कर निकाल लीजिए। आप देखेंगे कि तल-तनाव ने बालों को खींच कर संश्लिष्ट कर दिया है।

चित्रकार की तूलिका अथवा हजामत बनाने के ब्रुश से भी यह प्रयोग अच्छी तरह किया जा सकता है।

8. तल-तनाव की सहायता से एक खेल दिखाना

एक पुराना डिब्बा लीजिए और उसमें कील से पांच छेद करिए। ये छेद डिब्बे की पेंदी के पास और पांच-पांच मिलीमीटर की दूरी पर रहें। अब डिब्बे में पानी भर दीजिए। डिब्बे में पानी की पांच धारें निकलती हैं। अपने अंगूठे और तर्जनी से इन धारों को दबा दीजिए। पांचों धारें मिल कर एक में बहने लगेंगी। यदि आप अपने हाथ को छेदों पर दौड़ा दें तो पानी फिर पांच धारों में होकर निकलेगा।

9. पानी कपड़े के दूसरी ओर नहीं जाएगा

कांच का कोई बरतन लीजिए और साथ ही किसी पुरानी धोती से थोड़ा कपड़ा या कोई रूमाल ले लीजिए। बरतन में पानी भरिए। कपड़े को अच्छी तरह गीला करिए। उसे बरतन के मुंह पर कसिए और धागे या डोर से बांध दीजिए। बरतन को बाल्टी के ऊपर औंधा दीजिए और देखिए कि तल-तनाव पानी को कपड़े से दूसरी ओर नहीं गिरने देता।

10. तल-तनाव पर साबुन का प्रभाव

एक बड़ी-सी प्लेट या थाली लीजिए और उसे इतनी देर तक पानी से धोइए कि वह पूर्णतः साफ हो जाए। उसे ठण्डे पानी से भरिए और मेज पर कुछ देर तक पड़ा रहने दीजिए, जिससे पानी शान्त हो जाए। पानी के तल पर हल्का-हल्का टैल्कम पाउडर छिड़क दीजिए। अब एक साबुन के टुकड़े को गीला करिए और उससे प्लेट के एक किनारे पर पानी को छुआइए। टैल्कम पाउडर खिंच कर तुरन्त प्लेट के दूसरी ओर चला जाएगा। साबुन उस स्थान के तल-तनाव को कम कर देता है और दूसरी ओर का तल-तनाव बढ़ कर तल को संकुचित कर देता है तथा टैल्कम को अपने साथ खींच ले जाता है।

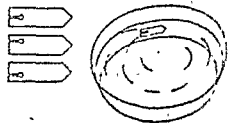
11. तल-तनाव पर पेट्रोल का प्रभाव

ऊपर के प्रयोग को फिर से करिए। ध्यान रखिए कि प्लेट खूब साफ रहे। यह अच्छा होगा कि पानी भरने से पहले कुछ समय तक प्लेट को ठण्डे पानी से धोया जाए। अब की बार साबुन के बदले प्लेट के किनारे के पास पानी पर पेट्रोल की एक बूंद डालिए। पानी के तल-तनाव पर पेट्रोल का क्या प्रभाव पड़ता है?

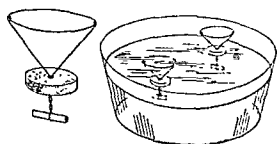
12. धागे के फन्दे से एक प्रयोग

थाली को पानी से धोकर खूब साफ कर लीजिए और तब उसमें पानी भरिए। धागे के दोनों सिरों में आपस में गांठ लगा कर एक फन्दा बनाइए। उसे कुछ फैला कर पानी के ऊपर तैरा दीजिए। फन्दे की गोलाई के भीतर के पानी के तल को जरा-सा साबुन से छुआइए और परिणाम देखिए।

13. तल-तनाव की सहायता से नाव चलाना

बनिये की दुकान से थोड़ा-सा कपूर मांग लीजिए। कड़े कागज से दो या तीन नावें काटिए। प्रत्येक लगभग 2.5 सेंटीमीटर लम्बी रहे। प्रत्येक के पिछले भाग में एक खांचा काटिए, जो ऐसा हो कि उसमें कपूर का टुकड़ा फंसाया जा सके और वह टुकड़ा पानी को छूता रहे। पानी के बड़े थाल में अपनी नावों को तैराइए।

सांचे को ठीक बीच में रखने के बदले उसे दाहिने या बाएं कुछ हटा कर रखने से एक रोचक परिवर्तन दिखाई देगा ।

14. तल-तनावयुक्त प्लावी

तांबे के पतले तार को मोड़ कर एक छल्ला बनाइए, जिसका व्यास लगभग 8 सेंटीमीटर हो। छल्ले के दूसरी ओर तार के दो टुकड़े कस कर ऐंठ दीजिए और इन दोनों तारों को लगभग 8 सेंटीमीटर नीचे ऐंठ कर एक में एक मिला दीजिए । ऐंठा हुआ भाग लगभग 5 सेंटीमीटर लम्बा रहे । चित्र में दिखाई गई रीति से एक चपटा काग लगा दीजिए और तब थोडी-सी रांगे की पन्नी को लपेट कर सबमे नीचे बांध दीजिए । इससे यह प्लावी (तैरने वाली वस्तु) खडी दिशा मे ही तैरेगा । अब इस प्लावी को पानी की बाल्टी में रखिए और इसे पानी के भीतर डुबा दीजिए । जब यह नीचे से ऊपर उठेगा तो यह तल-पटल को तोड़ कर ऊपर नही आ सकेगा । देखिए कि यह तल-पटल में किस प्रकार खिचाव उत्पन्न कर देता है। पन्नी की मात्रा इतनी रहे कि जब प्लावी को जल पर छोड़ा जाए और प्लावी तिरने लगे तो काग प्रायः डूबा रहे ।

15. तल-तनाव की सहायता से गोले बनाना

कांच का एक बरतन लीजिए और उसमे लगभग दो-तिहाई बाजारू अल्कोहल भर दीजिए । अल्कोहल में दवा टपकाने वाली नलिका से तेल की कुछ बूंदें टपका दीजिए और तब बरतन को पानी से भर दीजिए । यदि आप मिश्रण ठीक बना लें तो तेल के गोले धीरे-से बरतन के लगभग बीच तक पहुंच जाएंगे । तल-तनाव तेल की बूंदों को गोलों का रूप दे देता है।

16. साबुन के बुलबुले छोड़ना

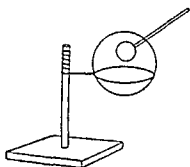
साबुन के पटलों और बुलबुलों से तल-तनाव पर बहुत रोचक प्रेक्षण प्राप्त होते है । एक प्याली गरम पानी में तीन बडे चम्मच साबुन का चूर्ण या साबुन की पत्तिया (फ्लेक्स) डाल कर आप साबुन का बढिया घोल तैयार कर सकते है (साबुन को नापने मे चम्मच समतल भरा जाए, उस पर ढेर न लगाया जाए) । इस्तेमाल के पहले साबुन के घोल को तीन दिन तक पड़ा रहने दीजिए । बुलबुले फूकने की फूकनी, शरबत की नलिका, तम्बाकू पीने की विलायती नली (क्ले पाइप या गाजे वाली चिलम) या टीन के पुराने भोंपू से, जिसका व्यास लगभग 4 सेंटीमीटर हो, बुलबुले फूकने की चेष्टा करिए ।

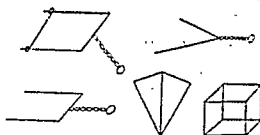
बुलबुला फूकने वाला एक दूसरा बढिया उपकरण शरबत की नलिका से बनाया जा सकता है । एक सिरे से 1 सेंटीमीटर तक चार लम्बी चीरें लगाइए, जिससे नलिका में चार फाकें बन जाएं । इन फाकों को बाहर की ओर मोड़िए । सिरे को चीरने के लिए रेजर ब्लेड अच्छा काम देता है ।

17. साबुन के बुलबुले के लिए आधारदण्ड बनाना

बेलनाकार लकडी (या बांस) लीजिए, जो लगभग 15 सेंटीमीटर लम्बी हो । इसे धागे की रील मे, या पेंदी बनाने के लिए उपयुक्त लकड़ी मे खोंस दीजिए । आधारदण्ड पर तांबे या लोहे का तार लपेटिए ताकि वह वहां टिका रहे और तार के सर पर एक फन्दा बनाइए, जिसका व्यास लगभग 10 सेंटीमीटर हो । फन्दे को साबुन के घोल मे डुबा दीजिए ।

साबुन का एक बड़ा बुलबुला फूंकिए और उसे पूर्वोक्त फन्दे पर रख दीजिए । अब शरबत पीने की नलिका को साबुन के घोल मे गीला करिए और सावधानी से उसे बड़े बुलबुले में घुमा दीजिए । बड़े बुलबुले के भीतर एक छोटा

बुलबुला फूकने की चेष्टा करिए। इसमें कुछ अभ्यास की आवश्यकता पड़ेगी।

18. साबुन के पटलों से कुछ प्रयोग

तार से निम्नांकित आकृतियां बनाइए। विविध आकृतियों को साबुन के गाढ़े घोल में डुबाइए और इस प्रकार बन पटलों का निरीक्षण करिए।

तार वाली आकृतियों को साबुन के घोल में डुबाइए। इस तार को जरा-सा खींचिए और देखिए कि पटल किस प्रकार खिंच कर बढ़ता जाता है। खिसकने वाले तार को छोड़ दीजिए। पटल के सिकुड़ने के कारण वह पीछे की ओर खिंच जाएगा।

अध्याय—10

यन्त्रों के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. उत्तोलक, चक्र, धुरी तथा घिरनी

1. एक साधारण समभुज उत्तोलक

पहले लकड़ी की पेंदी बनाइए, जो 15 सेंटीमीटर के वर्ग के आकार की और 2 सेंटीमीटर मोटी हो। इस पेंदी के बीच में लकड़ी की एक दूसरी इष्टिका जड़िए, जो 4 सेंटीमीटर के वर्ग के आकार की और 3 सेंटीमीटर मोटी हो। इस इष्टिका की दो बगलों में दो खड़ी लकड़ियां जड़िए, जो कि प्रत्येक 15 सेंटीमीटर लम्बी, 3.5 सेंटीमीटर चौड़ी और 1 सेंटीमीटर मोटी हों। इनको पूर्वोक्त इष्टिका में पेच से कसा जा सकता है। प्रत्येक खड़ी लकडी के ऊपरी सिरे में पतली आरी से एक पतला चीर लगाइए। यह चीर 2 सेंटीमीटर से कुछ कम ही गहरा रहे, अर्थात् केवल इतना ही कि उसमें पुराना रेजर ब्लेड डालने पर उसका कुल 2 या 3 मिलीमीटर भाग खड़ी लकडी से ऊपर निकला रहे।

उत्तोलक की भुजा के लिए एक ऐसी समांग पटरी का उपयोग करिए जिसकी लम्बाई लगभग 1 मीटर, चौड़ाई 4 सेंटीमीटर और मोटाई 5 मिलीमीटर हो। इस पटरी को किसी छुरी की धार पर सन्तुलित करिए और इसके सन्तुलन-केन्द्र का ठीक पता लगाइए। पटरी के सन्तुलन-केन्द्र के आर-पार एक पतली कील ठोंकिए। कील इतनी लम्बी हो कि वह पूर्वोक्त रेजर ब्लेड पर टिक सके और इस प्रकार पटरी उनके बीच स्वतन्त्रता से घूम सके।

पटरी को रेजर ब्लेडों पर सन्तुलित करिए और यदि पटरी पूर्णतया सन्तुलित न हो तो भारी ओर के सिरे को छुरी या आरी से जरा-सा काट दीजिए।

पटरी पर सेंटीमीटरों के चिह्न लगा दीजिए। इस काम को कील (आलम्ब) की ओर से आरम्भ करिए और दोनों दिशाओं में 1 से शुरू करके पटरी के अन्त तक अंक लगाइए।

भारों और बटखरों को धागे के फन्दों द्वारा सन्तुलन-पटरी से लटकाइए।

(1) 10 ग्राम के एक बटखरे को आलम्ब से 20 सेंटीमीटर पर लटकाइए और तब 10 ग्राम के एक दूसरे बटखरे को दूसरी ओर रख कर सन्तुलित करिए। जब पटरी सन्तुलित हो जाए तो देखिए कि दूसरा बाट आलम्ब से कितनी दूरी पर है। बाट को आलम्ब के कुछ अधिक निकट रख कर प्रयोग को दोहराइए और फिर दूर रख कर।

(2) 100 ग्राम के बटखरों से ऊपर के प्रयोग (1) को दोहराइए।

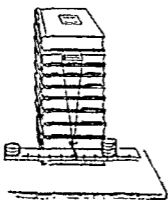
(3) एक ओर दो बटखरे रखिए और दूसरी ओर एक बटखरा रख कर सन्तुलित करिए। यहां सन्तुलन किस प्रकार किया जा सकता है? सुझाव: आलम्ब के एक ओर के प्रत्येक भार को आलम्ब से उस भार की दूरी को गुणा करिए और गुणनफलों को जोड़िए। इसकी तुलना दूसरी ओर के भार और दूरी के गुणनफल से करिए।

2. एक सरल तुला

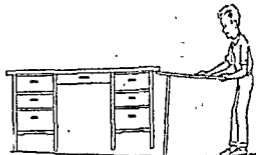
चित्र में दिखाई गई रीति से एक पैमाने को धागे के फन्दों में किसी मेज से थोड़ा ऊपर लटकाइए। जब पटरी सन्तुलित रहे तो एक ही प्रकार के दो सिक्के लेकर एक को पटरी के एक ओर रखिए और दूसरे को दूसरी ओर इतनी दूरी पर कि पटरी फिर सन्तुलित

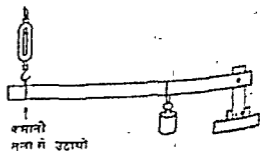
हो जाए। सिक्कों और दूरियों का सरल चुनाव करिए और घूर्ण (मोमेंट्स) के सिद्धान्त के बारे में प्रारम्भिक जानकारी प्राप्त करिए। उदाहरणार्थ 2 सिक्कों को पटरी के किसी सिरे पर रखने पर उनका सन्तुलन, आलम्ब और पटरी के दूसरी ओर के बीचोंबीच रखे गए 4 सिक्कों से होगा।

3. सरल दण्ड-तुला

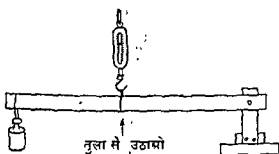
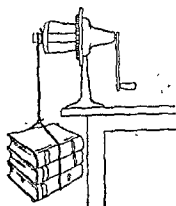
छात्रों को जिस प्लेटफार्म-तुला से तोला जाता है उसका दण्ड वस्तुत: एक उत्तोलक होता है, जिसका आलम्ब एक छोर से बहुत समीप होता है। इस प्रकार की तुला के कार्य-सिद्धान्त को दिखाने के लिए, प्रयोग-2 में बताई गई पटरी पर आलम्ब के पास 8 या 10 सिक्कों की गड्डी बना कर रख दीजिए। पटरी की दूसरी ओर केवल एक सिक्का रख कर और उसे आगे-पीछे खिसका कर सन्तुलन करिए।

4. प्रथम श्रेणी का उत्तोलक

किसी छड़ी या पटरे को काट कर कक्षा की किसी मेज या भारी डेस्क की ऊंचाई का प[...] लीजिए। उसके ऊपर कोई दूसरी, लगभग उतनी ही लम्बी, छड़ी रखिए। इस दूसरी छड़ी के एक सिरे को मेज के एक किनारे के नीचे लगाइए और उसे उत्तोलक (लिवर) की तरह इस्तेमाल करके मेज या डेस्क को उठाइए।

देखिए कि उत्तोलक से भारी वस्तु को उठाने में उत्तोलक की लम्बी भुजा का सिरा छोटी भुजा के सिरे की अपेक्षा अधिक चलता है। वास्तव में उत्तोलक का प्रयोग करने में श्रम की बचत नहीं होती। लम्बी भुजा पर हम जितना बल लगाते हैं, उससे कहीं अधिक बल छोटी भुजा में आ जाता है।

5. द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक

लकड़ी की एक सीधी पटरी लीजिए, जो लगभग 1 मीटर लम्बी, 4 सेंटीमीटर चौड़ी और 5 मिलीमीटर मोटी हो। एक सिरे के पास बर्मा से छेद करिए, जो चौड़ाई के बीच में हो। फिर ऊपर प्रयोग-1 में बताई गई दोनों खड़ी लकड़ियों में, जड़ से लगभग 12 सेंटीमीटर ऊपर, छेद करिए। उत्तोलक पटरी को इन खड़ी लकड़ियों के बीच इस प्रकार रखिए कि तीनों छेद एक सीध में आ जाएं और उनमें एक कील डाल

ीजिए। उत्तोलक पटरी के किसी स्थान पर भार लटकाइए और पटरी के सिरे के पास कमानी तुला लगा कर भार को उठाइए।

6. तृतीय श्रेणी का उत्तोलक

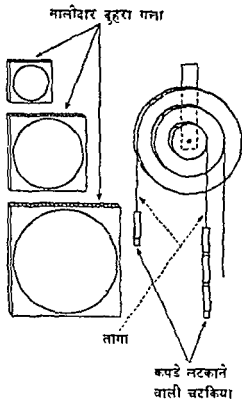
तृतीय श्रेणी का उत्तोलक सरल प्रयोगों के लिए बनाया जाता है। उन्हीं वस्तुओं का उपयोग करिए जो ऊपर के प्रयोग-5 में काम में लाई गई थीं परन्तु भार के स्थान पर तुला रहे और तुला के स्थान पर भार।

7. ढेंकुलीनुमा (सी-सा) उत्तोलक

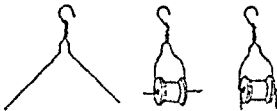
लगभग 3 मीटर लम्बा एक मोटा तख्ता कक्षा में लाइए। उसे किसी बक्स की कोर पर अथवा किसी अन्य सुविधाजनक वस्तु पर सन्तुलित करिए और छात्रों को इस उन्नतानत (सी-सा) से प्रयोग (एक्सपेरिमेण्ट) करने दीजिए। आलम्ब के प्रत्येक ओर बच्चों को भिन्न-भिन्न संख्याओं में बिठाइए।

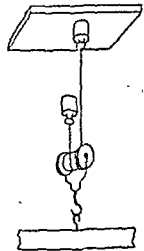
8. साधारण चक्र और धुरी

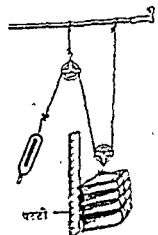
हत्था घुमा कर पेंसिल नुकीली करने की मशीन (या सान की मशीन) प्राप्त करिए। पेंसिल नुकीली करने की मशीन के ढक्कन को हटा दीजिए या सान की मशीन से पत्थर हटा दीजिए। धुरी पर डोर लपेट कर उसे कस कर बांधिए। डोर के सिरे पर कई किलोग्राम का कोई बोझ बांध दीजिए और हत्थे को चलाइए। आप देखेंगे कि बोझ पर गुरुत्वाकर्षण का बल, हत्था घुमाने के लिए आवश्यक बल की अपेक्षा, बहुत कम है। छात्रों को बताइए कि पेंसिल नुकीली करने की मशीन इस प्रदर्शन में चक्र और धुरी की तरह काम कर रही है।

9. एक दूसरा चक्र और धुरी

थोड़ा मोटा नालीदार दुहरा गत्ता प्राप्त करिए (चीड़, सेमर या आम के पतले पटरे से भी काम चल सकता है)। गत्ते पर परकार से 15, 10 और 5 सेंटीमीटर व्यास के वृत्त खींचिए। वृत्त में केन्द्र पर छेद करके दूसरी ओर भी वृत्त खींचिए। प्रत्येक पहिए को काट कर अलग कर लीजिए। गत्ते को दोनों ओर से सफाई से काटिए। तीनों पहियों के केन्द्रों में कील डाल कर तीनों को सरेस लगा कर अथवा स्टैपल लगा कर एक-दूसरे से जड़ दीजिए। मझोला पहिया बीच में रहे। उद्देश्य यह है कि तीनों पहिए एक साथ एक धुरी पर घूमें। चित्र में दिखाई गई रीति से उन्हें आरोपित करिए। प्रत्येक पहिए की परिधि को किसी प्रतीक्ष्ण औजार से सावधानी से दबाइए ताकि उसमें एक हल्का-सा खांचा पड़ जाए। लकड़ी के पहिए हों तो खानी से काट कर खांचा बनाइए। प्रत्येक पहिए पर धागा लपेटिए। परिधि (रिम) में कहीं पर एक पिन लगाइए और धागा लगाने के पहले उसके एक सिरे को पिन में बांध दीजिए। धागों के दूसरे सिरों पर फन्दे बना दीजिए, जिसमें बोझ लटकाया जा सके। बोझ हल्का रहे, जैसे कपड़ा लटकाने वाली चुटकियां (लकड़ी के पहिए हों तो भारी बोझ भी लटकाया जा सकता है)। आप देखेंगे कि उत्तोलक के समान इस यन्त्र में भी कई गुना भार उठाया जा सकता है। चक्र और धुरी एक प्रकार का उत्तोलक ही है।

10. सरल घिरनी बनाना

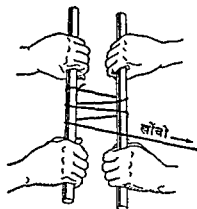
धागे की रील और तार का हैंगर अर्थात् कपड़ा लटकाने वाले तार (या लोहे के मोटे तार) से एक काफी सन्तोषजनक घिरनी (पुली) बनाई जा सकती है। यदि हैंगर अर्थात् कपड़ा लटकाने वाला तार हो तो हुक से लगभग 20 सेंटीमीटर हट कर दोनों तारों को काट दीजिए। सिरों को समकोण पर झुका दीजिए और दोनों को रील के छेद में डाल कर दूसरी ओर निकाल लीजिए। तारों को इस तरह ठीक से लगाइए कि रील सुगमता से घूमे और तब सिरों को नीचे की ओर मोड़ दीजिए ताकि तार फैलें नहीं।

11. एकल स्थिर घिरनी

एकल घिरनी को नीचे के चित्र के अनुसार व्यवस्थित करिए। बटखरों की सहायता से देखिए कि 25, 50, 75, 100 और 200 ग्राम के बटखरों को उठाने के लिए कितने बल की आवश्यकता पड़ती है। नाप कर देखिए कि प्रतिरोधी बल (भार) को 20 सेंटीमीटर तक उठाने के लिए प्रयास-बल को कितनी दूर चलना पड़ता है।

12. एकल चलायमान घिरनी

चित्र में दिखाई गई रीति के अनुसार किसी समतल आधार से दो घिरनियों को डोर द्वारा लटकाइए और उन पर भार लटकाइए। इसके लिए यदि प्रदर्शन मंच पर कोई सर्वथा-शील आधार न हो तो कुर्सियों की पीठ पर पर्दा-छड़ रख कर भी काम चलाया जा सकता है। डोर के स्वतन्त्र सिरे पर कमानी तुला बांधिए और वस्तु के भार की ओर घिरनी-तन्त्र

द्वारा उसे उठाने के लिए आवश्यक बल की तुलना करिए। उन दूरियों की भी तुलना करिए जिन पर प्रयास-बल और भार को अन्ततः सन्तुलित किया जाता है।

13. इष्टिका और रस्सी (ब्लाक और टैकल)

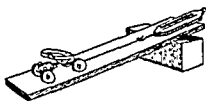
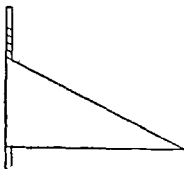
दो छात्रों को कहिए कि उनमें से प्रत्येक एक गोल छड़ी ले ले (जैसे बांस का डण्डा), और वे एक-दूसरे से कई फुट की दूरी पर खड़े हो जाएं। एक छड़ी में कपड़ा लटकाने की डोर (या चारपाई की उनचन) के एक सिरे को बाध दीजिए और तब डोर को दोनों छड़ियों के चारों ओर लपेट दीजिए, जिससे एक प्रकार से घिरनी-संयोजन बन जाए। अब किसी तीसरे छात्र से, जो इन दोनों से छोटा हो, कहिए कि वह रस्सी के मुक्त सिरे को खीचे। छड़ी पकड़ने वाले छात्र चाहे कितना भी बल लगाएं, छोटा छात्र दोनों छड़ियों को खीच कर पास ला देगा।

उन सब युक्तियों की सूची बनाइए, जिनमें बल बढ़ाने के लिए घिरनियों का उपयोग होता है। कर्षण कारें (बिगड़ी मोटरकारों के अगले भाग को ऊपर उठा कर खींच ले चलने वाली लारियां) और मिट्टी आदि उठाने के शक्तिचालित यन्त्र इसके उदाहरण हैं। अन्य युक्तियों और मशीनों की सूची बनाइए, जिनकी सहायता से बल बढ़ाया जा सकता है।

ख. नत समतल, पेच और फन्नी

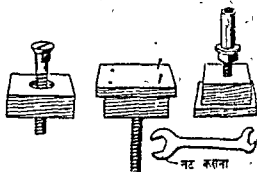
1. सरल नत समतल

छोटी गाड़ी या रोलर स्केट में एक कमानीदार तुला बाधिए और उसे नत समतल (इनक्लाइण्ड प्लेन) पर रख कर ऊपर खीचिए। देखिए कि उसे ऊपर चलाने के लिए कितने बल की आवश्यकता पड़ती है और इस बल की तुलना उस बल से करिए जो गाड़ी को सीधे ऊपर उठाने के लिए आवश्यक है। यह भी देखिए कि सीधे ऊपर उठान ी अपेक्षा गाड़ी नत समतल पर चढा कर पहले के बराबर ही ऊपर उठाने में अधिक दूरी तक बल लगाना पडता है। यदि हम घर्षण (फ्रिक्शन) की बात न सोचें तो दोनों दशाओं में समान ही बल-प्रयोग या कार्य करना पडता है। छात्रों को बताइए कि यही बात अन्य सरल मशीनों के सम्बन्ध में भी चरितार्थ होती हैं।

2. पेच एक नत समतल है

सफेद या बादामी कागज पर एक समकोण त्रिभज खीचिए और उसे काट लीजिए। त्रिभुज का आधार लगभग 30 सेंटीमीटर लम्बा हो और दूसरी भुजा लगभग 15 सेंटीमीटर की हो। एक गोल छड़ी लीजिए और त्रिभुजाकार कागज को उस पर इस तरह लपेटिए कि त्रिभुज की छोटी भुजा छड़ी पर पहले पड़े और छोटी भुजा के सामने वाली नोक की बारी पूरा कागज लपेटे जाने पर आए। कागज़ के लपेटे जाने पर भी त्रिभुज की आधार-रेखा अपने ही ऊपर पडती जाए। देखिए कि नत समतल की लम्बाई (त्रिभुज का कर्ण) छड़ी पर सर्पिलाकार रूप में ऊपर की ओर चली गई है।

3. एक सरल जैक पेंच

लकड़ी की इष्टिका के आर-पार एक छेद कर दीजिए ताकि उसमें एक लम्बा बोल्ट (कैरेज बोल्ट) कस कर बैठाया जा सके। इसके लिए ऐसा बोल्ट चुनिए जिस पर प्रायः पूरे में ही चूड़ी बनी हो। बोल्ट के सर को इष्टिका में इतना कर दीजिए कि उसका तल लकड़ी के तल में आ जाए और तब उसके ऊपर एक पटरा जड़ दीजिए (यह पटरा पेंदी का काम देगा)। नीचे की ओर जो चूड़ियां निकली हुई हों, उन पर एक ढिबरी चढ़ा दीजिए, ढिबरी के ऊपर एक वाशर और फिर धातु के नल का एक टुकड़ा भी। इस नल का भीतरी व्यास बोल्ट के व्यास से कुछ अधिक रहे। ढिबरी को रिंच से घुमाने पर यह युक्ति एक शक्तिशाली (लिफ्टिंग जैक) का काम देगी।

4. फन्नी

लकड़ी की एक फन्नी बनाइए, (अर्थात् लगभग 15 सेंटीमीटर लम्बी, 6 सेंटीमीटर चौड़ी और 2 सेंटीमीटर मोटी लकड़ी लीजिए और उसे बसूले से छील कर उसकी मोटाई एक सिरे पर पूर्ववत् ही रहने दीजिए, परन्तु वहां से घटाते-घटाते दूसरे सिरे पर लगभग शून्य कर दीजिए, इसे मेज की टांग अथवा अन्य भारी वस्तु के नीचे घुसा दीजिए। ध्यान से देखने पर आपको मालूम होगा कि फन्नी एक दोहरा नत समतल होती है।

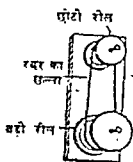
ग. यन्त्रों के उपयोग से वेग को बढ़ाना

1. छोटी-बड़ी रीलें

कीलों की धुरी बना कर लकड़ी की इष्टिका पर एक बड़ी रील और एक छोटी रील लगा दीजिए। दोनों रीलों के ऊपर रबड़ का एक छल्ला चढ़ा दीजिए। बड़ी रील को पूरा एक चक्कर घुमाइए और देखिए कि छोटी रील एक चक्कर से अधिक घूमती है या कम। उन युक्तियों की सूची बनाइए जो पट्टों की सहायता से चलती हैं।

छोटी रील

रबर का छल्ला

बड़ी रील

2. साइकिल की सहायता से प्रयोग करना

एक साइकिल को उलट दीजिए। साइकिल सीट और हैंडल पर टिकी रहे। पैडल को ठीक एक चक्कर घुमाइए और देखिए कि पिछला पहिया इतने में कितने चक्कर घूमता है।

3. अण्डा-फेंटनी

हाथ से चलने वाली अण्डा-फेंटनी अथवा हाथ की बर्मी अथवा किसी अन्य ऐसी मशीन को चला कर देखिए, जिसमें दांतेदार पहियों से उपयोग में वेग-वृद्धि की जाती हो।

4. उत्तोलक का उपयोग

छात्रों को दिखाइए कि यदि आलम्ब केन्द्र में न हो तो उत्तोलक की लम्बी भुजा छोटी भुजा की अपेक्षा अधिक वेग से और अधिक दूर तक चलती है। क्रिकेट अथवा

बेसबाल के बैट में भी इसी लाभकारी सिद्धान्त का उपयोग किया जाता है। वेग बढ़ाने के लिए उत्तोलक तथा अन्य सरल मशीनों के उपयोग से सम्बन्धित अन्य उदाहरणों की एक सूची बनाइए।

5. घिरनी का उपयोग

प्रयोग क-12 में दिखाए गए घिरनी-संयोजन से कोई काम करिए। चलायमान घिरनी पर हाथों से बल लगाइए और देखिए कि डोर के दूसरे छोर पर बंधा बोझ हाथ की अपेक्षा किस वेग से उठता है।

6. चक्र और धुरी का उपयोग

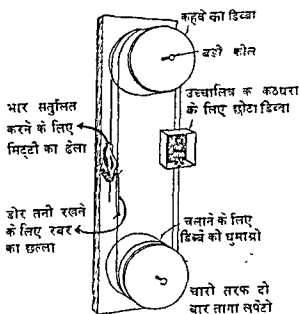
प्रयोग क-8 में दिए गए पेंसिल नुकीली करने वाले यन्त्र का उपयोग करिए। डोर के उस सिरे को खींचिए जिसमें पुस्तकें लटकाई गई थी और देखिए कि हैंडल अपेक्षाकृत कितने वेग से घूमता है।

घ. बलों की दिशा बदलने के लिए यन्त्रों का प्रयोग

1. उच्चालित्र (ऐलिवेटर) की प्रतिकृति

उच्चालित्र की एक काम करने वाली प्रतिकृति (वर्किंग मॉडल) साधारण सामग्री द्वारा सुगमता से बनाई जा सकती है। घूमने वाली ढोलकों के लिए, जिन्हें शीवज़ कहते हैं, धातु के बने काफी के बेलनाकार डिब्बों का इस्तेमाल किया जा सकता है। हथौड़ी और बड़ी कील से पेंदी और ढक्कन के ठीक बीचोंबीच छेद कर लीजिए। ढक्कनों को डिब्बों पर कस दीजिए और तब डिब्बों को एक पटरे के अलग-अलग सिरो पर इस तरह आरोपित करिए कि वे सुगमता से घूम सकें।

उच्चालित्र का कठघरा बनाने के लिए गत्ते या लकड़ी का एक छोटा चौकोर डिब्बा लीजिए। इस डिब्बे के दोनों सिरों पर डोर बांधिए और इन डोरों को चित्र में दिखाई गई रीति से शीवों पर लपेट दीजिए। कठघरे के भार को सन्तुलित करने के लिए थोड़ी सनी हुई मिट्टी (या मूर्ति बनाने की मिट्टी) लीजिए, केवल इतनी ही मिट्टी रखिए कि कठघरा ठीक-ठीक सन्तुलित हो जाए। उच्चालित्र चलाने के लिए उस शीव को घुमाइए जिस पर डोर दोहरी लिपटी हुई है। यह प्रतिकृति वास्तविक उच्चालित्र से बहुत-कुछ मिलती-जुलती है, परन्तु वास्तविक उच्चालित्र का शीव विद्युत् मोटर से चलाया जाता है।

2. सरल गियर

हथौड़ी और मझोले आकार की कील से कई-एक बोतलों के पुराने टीन के ढक्कनों के ठीक बीचोंबीच छेद करिए। यदि ढक्कन कहीं टेढ़े हो गए हों तो ठोक कर उन्हें यथासम्भव सीधा कर दीजिए।

लकड़ी की इष्टिका पर इनमें से दो ढक्कनों को इस प्रकार रखिए कि उनके दांतेदार भाग एक-दूसरे में फंस कर चलें। ढक्कनों को चौड़े सिर वाली कीलों से जड़ दीजिए परन्तु यह ध्यान रहे कि वे अन्त तक सुगमता से घूम सकें। एक ढक्कन को घुमाइए और देखिए कि दूसरा किस दिशा में घूमता है। तीसरा ढक्कन संयोजित करिए और देखिए कि प्रत्येक किस दिशा में घूमता है।

अध्याय—11

बल और जड़ता के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. तुला

1. सन्तुलित बलों का अध्ययन करने के लिए एक युक्ति बनाना

अध्याय—10 का प्रयोग क-1 देखिए ।

2. ढेंकुली (सी-सा) पर सन्तुलन करना

एक मजबूत पटरा लीजिए, जो लगभग 3 मीटर लम्बा हो । किसी तिपाई या बक्स के ऊपर पटरे को सन्तुलित करके ढेंकुली बनाइए । यदि हो सके तो इसे कक्षा में ही करिए । आपके स्कूल के खेल के मैदान में छोटे बच्चों के लिए सम्भवतः एक ढेंकुली हो (अध्याय—10, प्रयोग क-7 भी देखिए) ।

दो बराबर भार वाले बच्चे चुनिए और उनको पटरे के सिरों पर इस प्रकार बैठा दीजिए कि वे सन्तुलित रहें । आलम्ब (सन्तुलन-बिन्दु) से बच्चों तक की दूरियां नापिए ।

फिर एक भारी लड़के को किसी हल्के लड़के से सन्तुलित करिए और देखिए कि दूरियों में क्या परिवर्तन करना पड़ता है । फिर एक ओर एक बच्चे को बैठा कर उसे दूसरी ओर दो बच्चों से सन्तुलित करिए । परिवर्तनों को देखिए । प्रत्येक बार आलम्ब से बच्चे तक की दूरी नापने और उस दूरी को बच्चे की तौल से गुणा करने पर सन्तुलन के बारे में एक रोचक बात का पता चलेगा ।

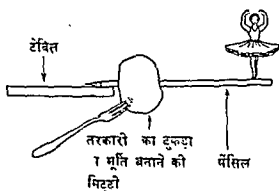
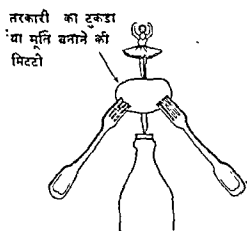
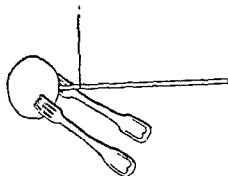
टिप्पणी :—जब दो बच्चे एक ही ओर रहें तो प्रत्येक की दूरी सन्तुलन-बिन्दु से नापिए । प्रत्येक बच्चे के भार से गुणा करिए और गुणनफलों को जोड़िए ।

3. सन्तुलन का एक चमत्कार

एक चिकनी मीटर-पटरी लीजिए और अपनी तर्जनियों (फोरफिंगर्स) पर उसे उठा लीजिए। एक हाथ की अंगुली पटरी के एक सिरे के पास रहे और दूसरे हाथ की अंगुली दूसरे सिरे के पास । अब अंगुलियों को इस प्रकार पास लाइए कि पटरी गिरने न पाए । आपकी अंगुलियां मीटर-पटरी के किस बिन्दु पर आ मिलती है ? प्रयोग को फिर से करिए परन्तु अब की बार आरम्भ में दाहिने हाथ की अंगुली पटरी के एक सिरे के पास रहे और दूसरे हाथ की अंगुली दूसरे सिरे और केन्द्र के लगभग मध्य-बिन्दु पर रहे । इस बार आपकी अंगुलियां कहां मिलती है ? प्रयोग को फिर करिए परन्तु अंगुलियां उल्टी दूरियों पर रहें, अर्थात् बाएं हाथ की अंगुली पटरी के एक सिरे पर रहे और दाहिने हाथ की अंगुली दूसरे सिरे और केन्द्र के लगभग मध्य में रहे । आपकी अंगुलियां अब कहा मिलती है ? अन्य दूरियों को लेकर प्रयोग करिए । क्या आप इस रोचक चमत्कार का कारण बता सकते हैं ?

4. सन्तुलन सम्बन्धी कुछ सरल प्रयोग

(क) मूर्ति बनाने की मिट्टी में लगभग 2.5 सेंटीमीटर मोटा एक टुकड़ा किसी तेज चाकू से काटिए । उसके भीतर पेंसिल की नोक डाल कर पेंसिल को आर-पार कर दीजिए, नोक लगभग 2.5 सेंटीमीटर बाहर निकली रहे । तरकारी के टुकड़े में काटा (जिसमें गाला जाता है) चित्र में दिखाई गई रीति से लगा दीजिए (कांटा न मिले तो छुरी से काम चल सकता

है)। अब पेंसिल की नोंक को मेज़ की कोर पर रखिए और उन विविध अवयवों को इस प्रकार परस्पर बिठाइए कि सन्तुलन बन जाए। तब पेंसिल के लम्बे सिरे को हल्के-से एक बार ठोंकिए।

(ख) कच्ची तरकारी अथवा मूर्ति बनाने की मिट्टी से काटा हुआ एक टुकड़ा, दो कांटे (अथवा छुरियां) और एक पेंसिल को चित्र में दिखाई गई रीति से व्यवस्थित करिए और उनको किसी बन्द बोतल के मुंह पर सन्तुलित करिए।

(ग) कच्ची तरकारी अथवा मूर्ति बनाने की मिट्टी का काटा हुआ एक टुकड़ा, एक पेंसिल और दो कांटो (या चाकुओं) को चित्र में दिखाई गई रीति से व्यवस्थित करिए। इस बार उन्हें धागे या डोर से लटका दीजिए। यह पता लगाने के लिए कि सन्तुलन के लिए धागे को कहां बांधना चाहिए, धागे को घटा-बढ़ा कर कुछ जांच करनी पड़ेगी।

(घ) एक सिक्के और दो कांटों को चित्र में दिखाई गई रीति से व्यवस्थित करिए। इन्हें बोतल अथवा गिलास की बारी पर सन्तुलित करिए।

(ङ) घर अथवा पाठशाला में पाई जाने वाली साधारण वस्तुओं को लेकर सन्तुलन के अन्य सरल प्रयोग सोचिए।

5. क्या आप डोर सीधी कर सकते हैं ?

लगभग डेढ मीटर लम्बी एक मजबूत डोरी अथवा पतली रस्सी लीजिए। फिर कुछ साधारण डोर और लेकर उसमें भारी पुस्तकें अथवा कोई अन्य उपयुक्त भार बांधिए। पहली रस्सी के मध्य-बिन्दु पर पुस्तक वाली डोर इस तरह बांधिए कि जब पहली रस्सी को ताना जाए तो पुस्तकें लगभग 15 सेंटीमीटर नीचे लटकी रहें। पहली रस्सी के सिरों को हाथों से खींच कर रस्सी को तानिए। अथवा एक सिरे को आप पकड़िए तथा दूसरे को कोई अन्य छात्र, और वह अपनी शक्तिभर रस्सी को ताने। क्या आप तान कर रस्सी सीधी कर सकते हैं ?

6. वस्तुओं का गुरुत्व-केन्द्र ज्ञात करना

एक तिकोनी रेती लीजिए और उसे मेज़ पर रखिए। यह आलम्ब (सन्तुलन-बिन्दु) का काम देगी। कोई धारदार वस्तु भी, जिसकी पेंदी चपटी हो, काम दे सकती है। विविध छड़ियों, डण्डों तथा अन्य वस्तुओं, जैसे झाड़ू, बैंट, ब्रुश

आदि को छुरी की धार पर सन्तुलित करिए और उस स्थान पर खड़िया से चिह्न लगा दीजिए जहां वे सन्तुलित होते हैं। क्या प्रत्येक वस्तु का गुरुत्व-केन्द्र, जिसकी आपने जांच की हैं, वस्तु के ठीक केन्द्र पर है ? किन वस्तुओं का गुरुत्व-केन्द्र उन के केन्द्र पर जान पड़ता है ? दूसरी वस्तुओं का गुरुत्व-केन्द्र साधारणतया कहां होता है ?

ख. गुरुत्वाकर्षण सम्बन्धी प्रयोग

1. गिरते हुए पिण्ड

यदि आपके आसपास लगभग 20 मीटर ऊंचा कोई भवन हो तो आप यह अध्ययन कर सकते हैं कि गुरुत्वाकर्षण, जितने अधिक समय तक किसी पिण्ड पर काम करता है, उतने ही अधिक वेग से उसे किस प्रकार गिराता है। एक डोर इतनी लम्बी लीजिए जो कम-से-कम 20 मीटर की ऊंचाई से भूमि तक पहुंच सके। खिड़की के सामने, जो भूमि से 20 मीटर की ऊंचाई पर हो, डोर में रंगीन कपड़ा या सूत बांध दीजिए। इससे लगभग 5 मीटर नीचे फिर एक टुकड़ा रंगीन कपड़ा बांध दीजिए। किसी छात्र को भूमि पर खड़ा कर दीजिए और उससे कहिए कि वह एक घड़ी लिए रहे और एक-एक सैकंड पर समय बोलता रहे। सैकंड बताने की अच्छी रीति यह है कि वह अपने एक हाथ से ताल ठोंकता रहे और कहता जाए—"एक हजार एक, एक हजार दो, एक हजार तीन"।

अब एक छात्र को कार्य आरम्भ करने के स्थल से 5 मीटर नीचे वाले चिह्न पर खड़ा करिए और दूसरे को भूमि पर। भारी पत्थर और हल्के पत्थर गिराइए, बड़ी वस्तुएं और छोटी वस्तुएं गिराइए और देखिए कि एक सैकंड के अन्त में वे कितनी दूर तक गिरती हैं और दो सैकंड के अन्त में कितनी दूर तक।

2. सिक्कों का एक-साथ गिरना

एक पटरी को मेज की कोर (किनारे) पर तिरछा रखिए। पटरी का एक सिरा मेज की कोर से थोड़ा बाहर निकला रहे और दूसरा सिरा मेज की कोर से लगभग 3 सेंटीमीटर हटा रहे। अब एक सिक्का पटरी के बाहर निकले हुए भाग पर रखिए और दूसरे सिक्के को मेज पर (पटरी के दूसरे सिरे और मेज की कोर के बीच)। अब और एक पटरी लेकर उससे पहली पटरी को जोर से समतल दिशा में मारिए। चोट पटरी के बाहर निकले भाग पर लगे (सिक्के को न लगे—इससे पटरी क्षैतिज समतल में घूम जाएगी)। एक सिक्का सीधे भूमि पर गिर पड़ेगा और दूसरा सिक्का (दूसरी पटरी से समतल दिशा में चोट खाकर) अधिक लम्बा मार्ग तय करेगा। सावधानी से देखिए कि प्रत्येक सिक्का कब भूमि पर गिरता है। आपको इस प्रयोग को कई बार दोहराना पड़ेगा। आप किस परिणाम पर पहुंचते हैं ?

3. एक सरल लोलक

एक डोर लीजिए, जो कम-से-कम 2 मीटर लम्बी हो। उसे पत्थर अथवा धातु की छोटी गेंद में बांध दीजिए। अब गेंद को दरवाजे में ऊपर की चौखट या छत के हुक से लटका दीजिए और उसे हिला दीजिए, ताकि वह इधर-उधर कुछ दूर तक जाए। यह गिनिए कि 10 सैकंड में वह कितनी बार दोलन करता है और तब 6 से गुणा करके पता लगाइए कि एक मिनट में वह कितनी बार दोलन करता है।

फिर लोलक को इस प्रकार धक्का दीजिए कि वह इधर-उधर बहुत थोड़ी ही दूर तक जाए और ज्ञात करिए कि अब लोलक एक मिनट में कितनी बार दोलन करता है। ऊपर की क्रियाओं को कई बार दोहराइए और प्रत्येक दशा में योग लीजिए। क्या दोलन-विस्तार से लोलक के दोलन-काल पर कोई प्रभाव पड़ता है ?

लोलक की लम्बाई उतनी ही रखिए परन्तु भार के लिए प्रयुक्त पदार्थ को बदल दीजिए। ऊपर बताई गई क्रियाओं को दोहराइए।

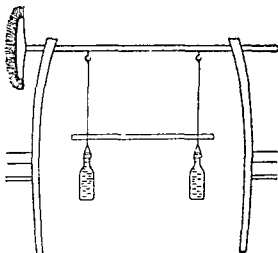
क्या गोलक (बाब) का पदार्थ लोलक के दोलन-काल पर कोई प्रभाव डालता है ?

ऊपर की प्रत्येक क्रिया को दोहराइए। परन्तु ऐसे लोलक का उपयोग करिए जिसकी लम्बाई पहले की अपेक्षा आधी हो। क्या लोलक की लम्बाई दोलन-काल पर कोई प्रभाव डालती है? यदि हां, तो क्या?

4. लोलक का खेल

किसी कड़ी गेंद को, जिसका व्यास लगभग 8 सेंटीमीटर हो, डोर से मेज के ऊपर लटका दीजिए। डोर कम-से-कम 1.5 मीटर लम्बी हो और गेंद मेज से ठीक इतनी ऊंचाई पर हो कि गिराने पर वह गेंद उस पेंसिल के सिरे पर आघात कर दे जिसे मेज़ पर रील के भीतर डाल कर रखा गया है। गेंद को खींचिए और इस प्रकार छोड़िए कि जाते समय तो वह पेंसिल को न छुए, परन्तु लौटती बार पेंसिल को मार कर गिरा दे। आपको यह भी मालूम हो जाएगा कि इसमें इस काम को सही-सही ढंग से पूरा करने के लिए काफी अभ्यास की जरूरत होती है।

5. स्थिति बदलने वाले लोलक

लेमन की (या कोई भी) दो बोतलें लें, जो ठीक एक ही तरह की हों। उनमें पानी भरिए और काग से अच्छी तरह बन्द कर दीजिए। दो कुर्सियों की पीठ पर एक डण्डा रखिए। इस डण्डे से बोतलों को इस तरह लटका दीजिए कि वे लोलक की तरह चल सकें। इस बात का ध्यान रखिए कि दोनों लोलक एक ही लम्बाई के हों।

एक लोलक को पकड़ कर स्थिर रखिए और दूसरे को चला दीजिए। तब पहले वाले को धीरे-से छोड़ दीजिए, जिससे वह अपनी विराम-स्थिति में स्थिर हो जाए। दोलन करता हुआ लोलक शीघ्र ही मन्द पड़ जाएगा और जो स्थिर था, वह दोलन करने लगेगा।

ग. अपकेन्द्री बल

1. अपकेन्द्री बल का अनुभव

लगभग एक मीटर लम्बी डोर में कोई भार बांध दीजिए और तब हाथ को फैला कर भार को चारों ओर नचाइए। डोर पर बाहर की ओर जो खिंचाव पड़ रहा है, उस पर ध्यान दीजिए। यही अपकेन्द्री (सेंट्रीफ्यूगल) बल है।

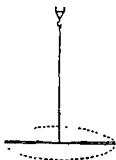
डोर के बदले रबड़ की मजबूत पट्टी इस्तेमाल करिए। सावधानी से पट्टी के सिरे पर बंधे भार को नचाइए। देखिए रबड़ तन कर बढ़ जाता है। यह अपकेन्द्री बल का प्रभाव है।

2. एक सरल घूर्णन-यन्त्र

चित्र में दिखाई गई रीति की हाथ-बर्मी अथवा वक्ष-बर्मी (ब्रेस्ट ड्रिल) लीजिए। बर्मी के मुंह (चक) में एक छोटा, खुले या बन्द मुंह का हुक कस दीजिए। किसी लम्बी कील की नोक पर 30 सेंटीमीटर लम्बी हल्की डोर बांधिए। धागे के दूसरे सिरे पर फन्दा बना कर उसे बर्मी में किसी हुक में फंसा दीजिए।

अब हत्या घुमा कर वर्मी को समान चाल से चलाइए। देखिए कि अपकेन्द्री बल लटकी हुई कील पर क्या प्रभाव डालता है।

3. दो कीलों का प्रयोग

ऊपर के प्रयोग में बताई गई रीति से वर्मी को घूर्णन-यन्त्र की तरह काम में लाइए। 15 सेंटीमीटर लम्बी डोर के सिरों को दो लम्बी कीलों की नोकों पर बाध कर दोनों कीलों को आपस में जोड़ दीजिए। इन कीलों को जोडने वाली डोर को उसके मध्य-बिन्दु पर पकड़िए और ठीक वहीं वर्मी से आई हुई डोर को बांध दीजिए। ड्रिल के हत्थे को समान चाल से घुमाइए और पूर्वोक्त दो कीलों पर अपकेन्द्री बल का प्रभाव देखिए।

4. छल्ले पर अपकेन्द्री बल

लोहे का एक छल्ला लीजिए, जिसका व्यास लगभग 6 सेंटीमीटर हो और उसे घूमती हुई वर्मी की डोर में बांध दीजिए। देखिए क्या होता है?

5. डिब्बे के ढक्कन पर अपकेन्द्री बल

डिब्बे के ढक्कन में किनारे के पास एक छेद ठोंकिए। वर्मी की डोर को छेद में बांधिए और उसे घुमा कर देखिए।

6. गुरिया वाली जंजीर पर अपकेन्द्री बल

गुरिया वाली जंजीर (बीडेड चेन) का एक टुकड़ा लीजिए, जैसा बिजली के कुछ स्विचों को खींचने के लिए कभी-कभी लगा रहता है या चाबियों के छल्लों में लगा रहता है। सिरों को एक में अटका कर छल्ला बना लीजिए। इसे वर्मी वाली डोर में लगा दीजिए और अपकेन्द्री बल का प्रभाव देखिए।

7. द्रव पर अपकेन्द्री बल

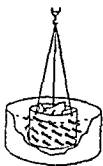
कांच की छोटी हांडी या उसी प्रकार का कोई अन्य बरतन लीजिए। उसकी गरदन में एक तार इस प्रकार बांध दीजिए कि उसके खुलने का डर न रहे। इस तार में एक और डोर बांध दीजिए, जिससे हांडी सीधी उठाई जा सके। इस डोर या तार के ठीक केन्द्र में वर्मी से आई हुई डोर को बांध दीजिए (या वर्मी में लगा हुक फंसा दीजिए)। हांडी में लगभग 3 सेंटीमीटर तक रंगीन पानी डाल दीजिए। वर्मी का हत्था घुमा कर हांडी और पानी को नचाइए। पानी पर अपकेन्द्री बल का प्रभाव देखिए।

8. पानी का एक दूसरा प्रयोग

चित्र में दिखाई गई रीति से टीन के एक डिब्बे को लटकाइए। डिब्बा लगभग 8 सेंटीमीटर गहरा हो और उसका व्यास 12 सेंटीमीटर हो। डिब्बे में लगभग 3 सेंटीमीटर पानी छोड़िए और वर्मी को नचाइए। देखिए कि पानी पर क्या प्रभाव पड़ता है।

9. अपकेन्द्री वस्त्र-शोषित्र की कार्यविधि

पिछले प्रयोग में इस्तेमाल किए गए डिब्बे की तरह किसी डिब्बे का उपयोग करिए। कोर के पार्श्वों में बहुत-से छेद कर दीजिए। डिब्बे के अन्दर

किनारे पर बराबर दूरी पर तीन छेद कर दीजिए। उनमें तीन डोरों को बांध कर डिब्बे को लटकाइए और इन डोरों को बर्मी में लगे हुक में बांध दीजिए। अब गत्ते का एक बेलन बनाइए या कोई बाल्टी लीजिए, जो डिब्बे से कुछ अधिक गहरी हो और काफी चौड़ी हो। बर्मी से लटके डिब्बे में कुछ गीले कपड़े रख दीजिए। अब डिब्बे को बेलन या बाल्टी में उतारिए और उसे बर्मी चला कर वेग से नचाइए। अपकेन्द्री बल के कारण कपड़ों और डिब्बे का पानी बाहर निकल पड़ता है।

10. पानी नहीं गिरेगा

एक छोटी बाल्टी लीजिए और उसे लगभग पूर्णतया पानी से भर दीजिए। हाथ को फैला कर इसे चारों ओर तेज़ी से चक्कर खिलाइए (बाल्टी नीचे से एक बगल होते हुए ऊपर जाए और दूसरी बगल से नीचे आए)। यद्यपि सिर के ऊपर बाल्टी औंधी हो जाती है तो भी अपकेन्द्री बल के कारण पानी नहीं गिरेगा।

11. अपकेन्द्री बल की सहायता से खेल करना

तार का कोट-हैंगर लीजिए (या मोटे तार से समत्रिबाहु-त्रिभुजा को बना लीजिए, जिसके एक शीर्ष पर अध्याय-10, प्रयोग क-10, की तरह का हुक रहे और भुजा 35 या 40 सेंटीमीटर की हो)। हुक में तर्जनी अंगुली डाल कर कोट-हैंगर को खड़ा कर दीजिए परन्तु कोट-हैंगर का निचला तार (आधार) मेज़ पर टिका रहे। अब सावधानी से एक छोटे सिक्के को नीचे वाले सीधे तार पर समतल रख कर सन्तुलित करिए। सिक्का हुक के ठीक नीचे रहे। इसमें कुछ प्रयास की आवश्यकता पड़ती है। यदि आवश्यकता प्रतीत हो तो आप तार के थोड़े-से भाग को पीट कर या रेत कर चपटा भी कर सकते हैं।

तार और सिक्के को अपनी अंगुली पर धीरे-धीरे दोलन करने दीजिए। जब इसमें कुछ गति आ जाए तो थोड़े-से अभ्यास के बाद आप हैंगर को पूरी गोलाई में नचा सकते हैं और सिक्का अपकेन्द्री बल के कारण तार से चिपका रहेगा।

घ. जड़ता सम्बन्धी प्रयोग

1. बोतल और गोली

चौड़े मुंह की शीशी में थोड़ी-सी बालू डाल दीजिए। शीशी के मुंह पर चिकना गत्ता या कार्ड (या ताश का एक पत्ता) रखिए, जो लगभग 5 सेंटीमीटर वर्ग का हो। गोली को इस गत्ते पर रखिए और तब गत्ते के किनारी पर ज़ोर से (क्षैतिज) आघात करिए। तर्जनी को मोड़ कर अंगूठे पर टिकाइए और तर्जनी को झटके से सीधा करके ताश को मारिए। यदि प्रयोग सफल हुआ होगा तो गत्ता छटक कर दूसरी ओर निकल जाएगा, परन्तु गोली अपनी जड़ता (इनर्शिया) के कारण शीशी में गिर पड़ेगी। इसमें कुछ अभ्यास की भी ज़रूरत हो सकती है।

2 जड़ता की सहायता से कील ठोंकना

मेज़ पर एक पतला तख्ता रखिए। इसका एक भाग मेज के बाहर निकला रहे। शेष भाग पर, जो मेज़ को स्पर्श कर रहा है, किसी को खड़ा कर दीजिए ताकि तख्ते के बढ़े भाग पर कील ठोंकने से तख्ता उल्टे नहीं। बढ़े हुए भाग के किनारे के निकट एक कील ठोंकने की चेष्टा करिए। फिर किसी से कहिए कि वह एक भारी हथौड़े या पत्थर को पटरे के नीचे सटा कर पकड़े रहे। आप देखेंगे कि भार-जड़ता के कारण कील ठोंकना अब सुगम हो गया है।

3. जड़ता की सहायता से सेब (या आलू) के दो टुकड़े करना

एक लम्बा और तेज़ चाकू, जैसे मांस (या पाव रोटी) काटने का चाकू, लीजिए। सेब में चाकू को केवल इतना धंसा दीजिए कि सेब चाकू में फंसा

रहे। चाकू का सिरा सेब के आगे इतना बढ़ा रहे कि बिना सेब को छुए ही चाकू पर आघात किया जा सके। अब एक हाथ में चाकू की मूठ को अच्छी तरह पकड़े रहिए और चाकू के अगले सिरे पर छड़ी से ज़ोर से आघात करिए। चाकू सेब की जड़ता के कारण उसको चीरता हुआ सेब की दूसरी ओर निकल जाएगा।

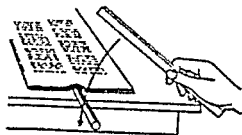
4. रूमाल और गिलास की सहायता से जड़ता का अध्ययन करना

रूमाल को एक चिकनी मेज़ पर फैला दीजिए। एक कोने पर गिलास (चिकनी पेंदी वाला) को पानी से भर कर रख दीजिए (या रूमाल की किनारी अगर दोहरी-तेहरी न की गई हो तो अच्छा रहेगा)। सामने के कोने को पकड़ कर रूमाल को ज़ोर से झटका देकर निकाल लीजिए। रूमाल बाहर निकल आएगा और गिलास अपने स्थान पर स्थिर रहेगा तथा पानी भी नहीं गिरेगा।

5. पुस्तकों की गड्डी की सहायता से जड़ता का अध्ययन करना

पुस्तकों को एक के ऊपर एक रख कर एक गड्डी बना लीजिए। नीचे वाली एक पुस्तक को पकड़िए और उसे तेज़ झटके से बाहर खींच लीजिए। गड्डी को बिना गिराए ही क्या आप इस पुस्तक को बाहर निकाल सकते हैं?

6. जड़ता की सहायता से छड़ी को तोड़ना

एक छोटी छड़ी लीजिए, जो 18 या 20 सेंटीमीटर लम्बी हो। यदि कोई छड़ी न मिले तो साधारण पेंसिल ही ले लीजिए। अब एक समाचारपत्र को मोड़ कर मेज़ के किनारे के पास रखिए। छड़ी को समाचारपत्र के नीचे मेज पर

इस प्रकार रखिए कि आधी छड़ी बाहर को [illegible] निकली रहे। इस बढ़े हुए भाग को किसी दूसरी छड़ी से जोर से मारिए। जड़ता के कारण मेज पर रखी हुई छड़ी के दो टुकड़े हो जाएंगे।

7. फावड़े की सहायता से जड़ता का प्रदर्शन

फावड़े को सूखी मिट्टी से पूरा भर कर उठा लीजिए। फावड़ा चला कर मिट्टी को दूर फेंकिए। आप देखेंगे कि जब फावड़ा रुकता है तो जड़ता के कारण मिट्टी दूर चली जाती है।

8. साइकिल और जड़ता

साइकिल को तेज़ी से चलाइए और तब एका-एक कस कर ब्रेक लगा दीजिए। देखिए कि आपके शरीर में आगे चलते रहने की प्रवृत्ति है और यह प्रवृत्ति आपको हैंडल की ओर ढकेल देना चाहती है। यह आपके शरीर की जड़ता का परिणाम है।

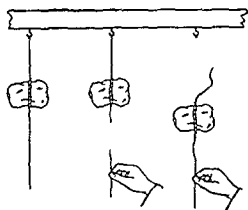
9. मोटरकार और जड़ता

ऊपर के प्रयोग-8 में बतलाए गए प्रभाव को आप मोटरकार का प्रयोग करके उस समय भी देख सकते हैं जब कार को एकाएक रोका जाए। आपको सामने की वस्तु का सहारा लेना पड़ता है, नहीं तो आप गद्दी पर से फिसल कर आगे गिर सकते हैं। आपका शरीर गाड़ी के साथ आगे चलता रहता है और गाड़ी रोकने पर भी उसमें आगे ही चलते रहने की प्रवृत्ति रहती है।

जब आप किसी रुकी गाड़ी में बैठे रहते हैं और उसे झटके से चला दिया जाता है तो आप देखेंगे कि जड़ता के कारण आप पीछे झुकने लगते हैं। आपका शरीर गतिरहित है और जब गाड़ी चल पड़ती है तब भी उसमें गतिरहित रह जाने की प्रवृत्ति रहती है।

10. पत्थर और जड़ता

इस प्रयोग के लिए लगभग 1 किलोग्राम के एक पत्थर की आवश्यकता पड़ेगी। इस पत्थर में एक मज़बूत रस्सी को लपेट कर बाँधिए। अब इस रस्सी से पत्थर के दूसरी ओर किसी

हल्की डोरी के टुकड़े को बांधिए। प्रत्येक टुकड़े की लम्बाई लगभग आधा मीटर हो। यह हल्की डोर केवल इतनी ही मज़बूत हो कि पत्थर को लटकाने पर उसके भार को सम्भाल ले, अर्थात् भार को थोड़ा बढ़ाने पर डोर टूट जाए। अब पत्थर को मेज़ से थोड़ी ऊंचाई पर सावधानी से लटका दीजिए। मेज़ पर कोई पटरा रख दें, ताकि पत्थर के गिरने से मेज में गड्ढा न पड जाए। नीचे वाली रस्सी के सिरे को कस कर पकड़िए और जोर से एक झटका दीजिए। यदि आप सफल होंगे तो नीचे वाली डोर टूट जाएगी और पत्थर लटका रह जाएगा। यह पत्थर की जड़ता का परिणाम है। अब नीचे वाली रस्सी के बचे हुए भाग को पकड़िए और उसे धीरे-धीरे अधिकाधिक बल से खींचिए। इस बार ऊपर की डोर टूटती है और पत्थर मेज पर गिर जाता है, क्योंकि झटका देने की बजाय निरन्तर बल लगाने से पत्थर चलने लगता है (पतले धागे और भारी आलू या छोटे पत्थर से भी यह प्रयोग किया जा सकता है)।

11. कड़े उबले अण्डे की पहचान

एक ताज़ा अण्डा और एक दूसरा ऐसा अण्डा लीजिए जिसे उबाल कर कड़ा कर दिया गया हो। प्रत्येक को बडी तश्तरी (या थाली) में नचाइए। देखिए कि उबला अण्डा देर तक नाचता रहता है। ताज़े अण्डे के भीतरी द्रव पदार्थ की जड़ता उसे जल्दी ही स्थिर कर देती है।

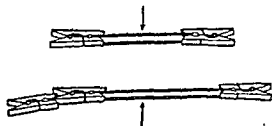
ङ. बल और गति

1. हल्की वस्तु अधिक तेज़ चलती है

खड़िया से मेज़ पर आधे मीटर का चिह्न लगाइए। इसे बराबर-बराबर सेंटीमीटरों में विभाजित करिए। अब रबड का एक बडा-सा छल्ला और लकड़ी की दो कमानीदार चुटकियां (जिन्हें गीले कपड़ों को लटकाने के लिए काम में लाया जाता है) लीजिए। (रबड़ का छल्ला न मिले तो साइकिल की 50 सेंटीमीटर लम्बी वाल्व-नली से काम चल जाएगा। क्लिप न मिलें तो लकड़ी के टुकड़ों से काम चल जाएगा परन्तु उनको रबड़ में बांधना पड़ेगा)। रबड़ के छल्ले के प्रत्येक सिरे पर एक क्लिप लगाइए। अब प्रत्येक क्लिप को एक हाथ में पकडिए परन्तु वे मेज़ पर ही रहें। उनको मेज़ की किसी अंकित रेखा पर रखिए। रबड़ के छल्ले को खीच कर क्लिपों के बीच की दूरी लगभग 15 सेंटीमीटर कर दीजिए और इस दूरी का मध्य-बिन्दु वह अंकित रेखा हो। एक ही क्षण में दोनों क्लिपों को छोड़ दीजिए। देखिए कि वे मध्य-बिन्दु पर मिलते हैं।

इसके बाद रबड़ के छल्ले क एक ओर दो चुटकिया लगाइए और दूसरी ओर केवल एक। छल्ले को लगभग 24 सेंटीमीटर तक खीच कर तान दीजिए और तब चुटकियों (क्लिपों) को छोड़िए। इस बार वे कहां मिलती है ?

इस प्रयोग को दोहराइए, परन्तु प्रत्येक ओर दो चुटकिया लगाइए। वे कहां मिलती है ?

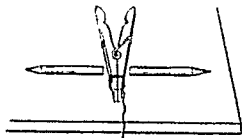
प्रयोग को फिर करिए, परन्तु एक ओर तीन चुटकियां रहें और दूसरी ओर दो। अब वे कहां मिलती हैं ?

2. बल और गति सम्बन्धी प्रयोग

एक कमानीदार चुटकी लीजिए और उसकी लम्बी भुजाओं को दबा कर और उन पर दो-एक फेरे धागा बांध कर चुटकी के मुंह को खोल दीजिए। इस चुटकी को किसी लम्बी मेज़ के बीच में रखिए। दो पेंसिलें लीजिए, जो लगभग एक ही लम्बाई और एक ही भार की हों। एक को चुटकी की बंधी भुजाओं से सटा कर रखिए और दूसरी को दूसरी भुजा से। धागे को सावधानी से जला दीजिए और पेंसिलों को देखिए। धागे के जलते ही भुजाएं मुक्त होती हैं और पेंसिलों को विपरीत दिशा में फेंक देती है।

प्रयोग को दोहराइए परन्तु अब की बार दो बड़ी पेंसिलें लीजिए, जो एक ही नाप और एक ही भार की हों। आप क्या देखते हैं? पहले वाले परिणाम से तुलना करिए।

प्रयोग को दोहराइए, परन्तु एक ओर बड़ी तथा भारी पेंसिल रहे और दूसरी ओर छोटी, हल्की पेंसिल रहे। आप क्या देखते हैं?

यदि आप धातु तथा कांच की गोलिया ला सकें तो प्रयोग को दोहराइए और धातु तथा कांच की गोलियों को विभिन्न संख्याओं में दोनों ओर रख कर जाच करिए।

क्या आप इस प्रयोग स कोई परिणाम निकाल सकते हैं?

3. धकेलने वाले बलों में क्रिया और प्रतिक्रिया

बल हमेशा दोतरफा होता है। यदि आप दीवार को धकेलने के लिए बल लगाएंगे तो दीवार भी उतने ही बल से आपको पीछे हटाएगी। दो ऐसी कमानी तुला लीजिए जिनके तौल-पात्र सपाट हों। इन तुलाओं को ऐसी स्थिति में रखिए कि उनके तौल-पात्र एक दूसरे से सटे रहें और उनके अंकानीक (डायल) ऊपर की तरफ रहें। एक ओर स्वयं दबाइए और दूसरी ओर स दबान क लिए किसी छात्र से कहिए। आप देखेंगे कि जब दोनों एक साथ दबाते हैं तो प्रत्येक तुला वही तोल बताती है।

4. खींचने वाले बलों में क्रिया और प्रतिक्रिया

दो कमानी तुलाएं लीजिए। अब किसी छोटी सी डोर के प्रत्येक सिरे पर एक फन्दा बनाइए और दोनों फन्दों में एक-एक कमानी तुला को फंसा दीजिए। विद्यार्थियों से कहिए कि वे इन तुलाओं को विपरीत दिशाओं में खींचें। प्रत्येक तुला को पढ़िए और पाठ्यांकों की तुलना करिए।

5. रोलर-स्केट के साथ क्रिया और प्रतिक्रिया

चिकने फर्श पर एक रोलर-स्केट रखिए। रोलर-स्केट पर एक पैर से खड़े हो जाइए और दूसरे पैर को एक कदम आगे बढ़ाइए। देखिए कि रोलर-स्कट पीछे की ओर विपरीत दिशा में चला जाता है (इस प्रयोग में गिरने का डर रहता है, सम्भालने के लिए कोई मित्र बगल में खड़ा रहे तो अच्छा है)।

6. नाव में क्रिया और प्रतिक्रिया

किसी बिना बंधी नाव पर से भूमि पर उतरिए और देखिए कि नाव उल्टी दिशा में जाती है।

7. क्रिया और प्रतिक्रिया से ही जेट-प्रापन (जट प्रोपल्शन) सम्भव होता है

एक गुब्बारे को फूंक कर फुलाइए और उसकी गरदन को चुटकी से दबा कर रखिए। गुब्बारे को छोड़ दीजिए और उसकी गति देखिए। गुब्बारे स निकली हवा की धार (जट) बाहरी हवा को दबाती है और उसी से गुब्बारा चलता है। जेट विमान का यही सिद्धान्त है।

अध्याय—12

ध्वनि के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

इस अध्याय मे ध्वनि से सम्बन्धित मौलिक सिद्धान्त और सरल प्रयोग दिए गए हैं। बालकों के दैनिक जीवन के अनुभवों से इनका अन्यतम सम्बन्ध है और वे इन्हें रोचक भी पाएंगे।

क. ध्वनि का उत्पन्न होना और उसका पारेषण

1. विविध ध्वनियां

यदि सम्भव हो तो प्रयोग करते समय जो-जो ध्वनियां उत्पन्न हों, उनका नामकरण करते रहने का भी अभ्यास करिए, उदाहरणार्थ थाली की झनझनाहट; प्याले के टूटने की तड़क; भार गिरने का धमाका; घंटे का घनघना; बरतनों का खड़खड़ाना और ठनठनाना; आग में लकड़ी का चिटकना; आग की धांय-धाय; घड़ी का टिकटिक करना; ढोल की ढमक (या ढमाढम); पैर तले पत्थरों का चुरमुराना; जूते का चरमराना; पानी की छपछपक; बन्दूक का धड़ाका; नगाड़े की धमक; दरवाजे का भड़ाक से बन्द होना; बूंदों का पड़पड़ाना; पैरो की आहट; मनुष्य का खखारना; पत्तियो का मरमराना; बादल का गरजना, गड़गड़ाना और छहरना; सांप का फुफकारना; बिजली का कड़कना; मक्खी का भनभनाना; घंटी का टुनटुनाना; घोड़े का हिनहिनाना; सिंह का दहाड़ना; गधे का रेंकना; भेड़ का मिमियाना; मुर्गे की बाग; गाय का रंभाना; चिड़ियो का चहचहाना; हवाई जहाज का सरसराना या सनसनाना; रोगी का कराहना; सीटी का सिसियाना इत्यादि।

इन बोलियो की नकल करने में बच्चों को मजा आएगा। उन्हें कोष में इन शब्दों का सही-सही अर्थ खोजने में सहायता दीजिए।

2. कम्पनशील पिण्ड ध्वनि उत्पन्न करते हैं

एक पटरी (रूलर) लीजिए और उसके एक सिरे के पास एक छेद करिए। छेद में एक मज़बूत डोर बांध कर और डोर के दूसरे सिरे को पकड़ कर पटरी को गोलाई में नचाइए। नचाने का वेग बढ़ाइए। कौन-सी ध्वनि उत्पन्न होती है? इस प्रयोग को दोहराइए परन्तु विभिन्न नाप की पटरियों और डोरों का उपयोग करिए। सुगमता के लिए डोर के दूसरे सिरे पर भी फन्दा बना लीजिए और उसमें एक गोल छड़ी डाल कर पटरियों को नचाइए।

3. 'आह' की ध्वनि करिए। 'आ' का उच्चारण देर तक करते रहिए और अपनी श्वास-नलिका (गले) पर अंगुली रखिए। कम्पन किस कारण उत्पन्न होता है? इसी प्रकार बोलते, गाते और सीटी बजाते समय भी गले में कम्पन का अनुभव करिए।

4. पटरी को मेज़ पर इस प्रकार रखिए कि इसका लगभग तीन-चौथाई भाग मेज़ के किनारे से बाहर निकला रहे। पटरी के दूसरे सिरे को एक हाथ से दबाए रहिए। पहले सिरे को ज़रा-सा दबा कर अचानक छोड़ दीजिए। तब पटरी ऊपर-नीचे कम्पन करने लगेगी। ध्यान दीजिए कि कैसी ध्वनि सुनाई पड़ती है। फिर पटरी को इस प्रकार रखिए कि केवल आधा भाग मेज के किनारे से बाहर निकला रहे। प्रयोग को दोहराइए। ध्यान दीजिए कि अब कैसी

M14DPD/62—22

ध्वनि निकलती है। क्या यह ध्वनि पिछली ध्वनि से भिन्न है? प्रयोग को दोहराइए, परन्तु मेज के बाहर पटरी की लम्बाई में परिवर्तन करते रहिए।

इन प्रयोगों से यह परिणाम निकाला जा सकता है कि ध्वनि कम्पनों से उत्पन्न होती है। कम्पनशील पिण्ड वायु में कम्पन उत्पन्न करते हैं और ये कान में प्रवेश करते हैं। तब हमें ध्वनि सुनाई पड़ती है।

5. 'कम्पनशील वस्तु' का अर्थ

कोई छोटी भारी वस्तु लीजिए, जैसे सीसे या लोहे का टुकड़ा या स्याही की शीशी। लगभग एक मीटर लम्बी डोर के एक सिरे पर इस वस्तु को बांध दीजिए। डोर का दूसरा सिरा दरवाजे की चौखट में बांध कर वस्तु को लटका दीजिए। इस प्रकार एक लोलक (पेंडुलम) बन जाएगा। वस्तु को दोलन करने दीजिए। एक मिनट में यह कितनी बार दोलन करती है; डोर को छोटा करते जाइए और प्रत्येक बार देखिए कि दोलन-संख्या क्या है? आप देखेंगे कि डोर जितनी ही छोटी होगी, वस्तु उतनी ही अधिक शीघ्रता से दोलन करेगी।

बच्चों के झूले के दोलन को भी देखिए।

लंगर वाली एक घड़ी और एक मेट्रोनोम या संगीतज्ञों का समय-सूचक यन्त्र लाइए। इन यन्त्रों से कम्पन-वेग का अध्ययन करिए। कल्पना करिए कि कोई वस्तु अधिकाधिक वेग से दोलन कर रही है। जब कम्पन प्रति सैकंड 16 बार से अधिक होने लगेगा तो चारों ओर की वायु में भी दोलन या कम्पन उत्पन्न होगा और एक बहुत मन्द स्वर सुनाई देने लगेगा। अधिक तीव्र कम्पनों के कारण स्वर तीव्रतर होकर सुनाई पड़ेंगे। 20,000 कम्पन प्रति सैकंड तक ऐसा ही होता है। इससे अधिक कम्पन वाले स्वर को मनुष्य नहीं सुन पाता।

अध्याय-11, प्रयोग ग 3—5 भी देखिए।

6. बच्चों के खेलने की एक गाड़ी लीजिए, जिसमें साइरन ध्वनि निकलती हो (यह ध्वनि जो छिद्रयुक्त चक्र द्वारा वायु निकलने से उत्पन्न होती है)। इसे दौड़ने दीजिए। गाड़ी जितनी ही तेज दौड़ती है, स्वर उतना ही तीव्र हो जाता है।

7. खाली शीशी के मुंह में हवा की धार फूंकिए (जिससे सीटी के समान ध्वनि निकले)। विविध नाप की शीशियों और बोतलों पर यह प्रयोग करिए।

8. अब ऊपर के प्रयोग में मानवी होंठों के बदले (जो कि इस काम में कम्पन करते हैं) ऐसे ज्वालक (बर्नर) के सिर का उपयोग करिए जिसमें लौ तितली के पंख के समान होती है। ऐसिटिलीन बत्तियों में गैस के निकलने के लिए ऐसा सिर लगा रहता है। ज्वालक के सिर को मुंह में लगा कर उसमें हवा फूंकिए। वायु बड़े वेग से निकलेगी और चौड़ी ज्वाला की तरह फैल जाएगी। इस वायु-धारा में शीशी, बोतल, आदि का मुंह रखने पर जो अनुनादी (रेजोनेंस) ध्वनियां उत्पन्न होंगी, उनका कारण है बोतलों, शीशियों या नलिकाओं में वायु-स्तम्भों का कम्पन होना। ज्वालक के सिर को ऐसी स्थिति में लाइए कि वायु-धारा से सबसे अधिक ध्वनि उत्पन्न हो। अधिक बड़ी बोतल से अथवा गले की बड़ी नलिका से मन्दतर स्वर सुनाई पड़ेगा। छोटी शीशियों से तीव्रतर स्वर सुनाई पड़ेंगे। बहुत छोटी चाबी के सिरे में बने छेद से जो स्वर सुनाई देगा, वह सुन सकने योग्य स्वरों में सबसे अधिक तीव्र होगा।

9. अनुकम्पी बोतलें

एक छात्र से कहिए कि वह एक बोतल के मुंह को अपने कान के पास इस प्रकार रखे कि उसका मुंह बन्द न होने पाए। अब ठीक उसी नाप और आकार की दूसरी बोतल के मुंह में इस प्रकार फूंकिए कि उससे एक जोरदार गाढ़ स्वर निकले। प्रत्येक बार जब आप ऐसा करें, दूसरी बोतल में अनुनादी कम्पन आरम्भ हो जाएगा। उसमें उसी प्रकार का परन्तु धीमा स्वर उत्पन्न होगा, और उसे छात्र स्पष्टतया सुन सकेंगे।

10. एक स्वरित्र (ट्यूनिंग फोर्क) लीजिए और कनस्तर, बेला (वायलिन) (या सितार या सारंगी) या लकड़ी की किसी भी पेटी को ध्वनि-पेटिका (साउण्ड बाक्स) की तरह प्रयुक्त करिए। स्वरित्र को लकड़ी की इष्टिका पर ठोंक कर उसमें कम्पन उत्पन्न करिए। तब उसकी जड़ (हैंडल) को ध्वनि-पेटिका पर दबाइए। पेटिका से गूंजती हुई उच्च ध्वनि सुनाई पड़ेगी। खाने का कांटा लेकर प्रयोग को दोहराइए।

11. वायु ध्वनि का वहन करती है

एक व्यक्ति को सीटी बजाने को कहिए। कमरे में उपस्थित सभी व्यक्ति ध्वनि को स्पष्टतया सुन सकेंगे। अब पहले व्यक्ति को दूसरे कमरे में भेज दीजिए। वह फिर सीटी बजाएगा तो ध्वनि स्पष्ट नहीं सुनाई पड़ेगी (कमरे के दरवाज़े और खिड़कियां बन्द कर ली जाएं)।

12. ध्वनि निर्वात में होकर नहीं आ-जा सकती

एक वैसा ही साधारण निर्वात पम्प लाइए जैसा अध्याय-7 के प्रयोग झ-2 और झ-3 में बताया गया है (साइकिल या कार के हाथ-पम्प को खोलिए; पिस्टन निकालिए, उस पेच को खोल डालिए जिससे चमड़े के वाशर कसे रहते हैं, वाशरों को उल्टी दिशा में लगा दीजिए, पिस्टन पर वाशर इसी उल्टी दिशा में चढ़ा दीजिए, पेच कस दीजिए और पिस्टन को पम्प सिलिण्डर में डाल दीजिए)। संग्राही (रिसीवर) बनाने के लिए फल-पात्र (फ्रूट-जार) की तरह का कांच का एक बड़ा बरतन लीजिए, जिस पर पेचदार ढक्कन लगा हुआ हो। ढक्कन में बर्मी से छेद करिए और इस छेद में टांके से धातु की छोटी नलिका झलवा लीजिए। सन्धि वायु-अभेद्य रहे। नलिका के निचले सिरे में एक टायर वाल्व को उल्टा डाल कर झलवा लीजिए।

निर्वात सम्बन्धी प्रयोगों के लिए जब पूर्वोक्त सरल यन्त्र मिल जाएं तो संग्राही के भीतर दो छोटी घंटियां बांध दीजिए। प्रयोग के आरम्भ में, संग्राही से हवा निकालने के पहले उसे हिलाइए, आपको घंटिया बजती हुई सुनाई पड़ेंगी। अब ढक्कन को कस कर बैठा दीजिए और पम्प से हवा बाहर निकाल दीजिए। संग्राही को फिर हिलाइए। आपको घंटियों की ध्वनि अब पहले-जैसी स्पष्ट सुनाई नहीं पड़ेगी। ऐसा क्यों होता है ?

इस प्रयोग को दोहराइए, परन्तु संग्राही में कुछ कागज जला कर निर्वात की स्थिति उत्पन्न करिए।

13. उद्यान सींचने का किरमिच का बना हुआ लम्बा नल (हौज़) लीजिए, जो दोनों ओर से खुला रहे। किसी व्यक्ति से बात करने और उसकी बात सुनने के लिए इसे टेलीफोन-तार की तरह इस्तेमाल करिए। नल के भीतर की हवा ध्वनि-वाहक होती है। जहाजों पर एक स्थान से दूसरे स्थान तक बात करने के लिए इस सिद्धान्त का उपयोग अब भी किया जाता है।

14. ठोस पदार्थ भी ध्वनि का वहन करते हैं

टीन के दो पुराने डिब्बे लीजिए, जिनके ढक्कन सफाई से काट कर निकाल दिए गए हों। प्रत्येक डिब्बे की पेंदी के बीचोबीच एक छोटा छेद करिए। अब कई मीटर लम्बा, पतला सूती धागा लीजिए और उसके सिरों को इन छेदों में डालिए। धागे के सिरों पर एक-एक दिया-सलाई बांधिए ताकि धागा खिंच कर बाहर न निकल जाए। अब इन डिब्बों को टेलीफोन की तरह इस्तेमाल करिए। धागा तना रहे। किसी छात्र से बात करिए और उसकी बात सुनिए। ध्वनि धागे और डिब्बों के भीतर की हवा द्वारा चलती है। डिब्बे की पेंदी तनुपट (पर्दे) का काम करती है।

यह प्रयोग दियासलाई की दो खाली डिबियों से भी किया जा सकता है। इसके लिए प्रत्येक के एक सिरे को उस पतले पारदर्शी कागज़ से तान कर मढ़ देना चाहिए, जिसमें सिगरेट के पैकेट लपेटे जाते हैं। इन्हीं कागजों में छेद करके धागा लगाना चाहिए।

15. चम्मच से मन्दिर की घंटी की आवाज पैदा करना

एक मीटर लम्बी सूती डोर लीजिए। दोनों सिरों को एकत्र करके बीच में एक चम्मच को सन्तुलित करिए। अब प्रत्येक सिरे को अपनी अंगुलियों से पकड़िए (एक सिरे को एक हाथ की अंगुलियों से और दूसरे को दूसरे हाथ की अंगुलियो से)। इन सिरों को अपने कानों से लगाइए और कुछ झुक कर खड़े हो जाइए ताकि डोर और चम्मच स्वतन्त्रता से लटके रहें। अब किसी से कहिए कि वह आपके चम्मच पर धीरे से कील अथवा दूसरा चम्मच मारे। आपको एक ध्वनि सुनाई पड़ेगी मानो मन्दिर की घंटी बज रही हो। यहां भी ध्वनि डोर से होती हुई आपके कानों तक पहुंच जाती है।

16. पानी के नलों द्वारा तार-संकेत भेजना

अपने छात्रों की सहायता से एक संकेत-सूची बनाइए। तारघरों में जिस प्रकार चाबी को खटखटा कर तार भेजे जाते हैं, उसी प्रकार आप भी नल (पाइप) को खटखटा कर सन्देश भेज सकते हैं। नल एक कमरे से दूसरे कमरे तक गया हो, चाहे वह एक ही तल्ले पर हो या विभिन्न तल्लों तक। एक कमरे में नल को लोहे के टुकड़े से ठोंकने पर ध्वनि दूसरे कमरे में पहुंच जाती है। तब सन्देशों की अदला-बदली करिए। इस बार पानी के नल से होकर ध्वनि आती-जाती है।

17. अपने दांत द्वारा सुनिए

स्वरित्र (ट्यूनिंग फोर्क) अथवा खाने के कांटे को ठोंक कर उसमें कम्पन उत्पन्न करिए। जब तक ध्वनि सुनाई पड़ती रहे तब तक रुके रहिए। ज्यों ही ध्वनि का सुनाई पड़ना बन्द हो, त्यों ही उसकी मूठ (हैंडल) को अपने दांतों के बीच दबाइए। आपको अब भी ध्वनि सुनाई पड़ेगी। प्रयोग को दोहराइए परन्तु इस की बार मूठ को अपने कान के पीछे वाली हड्डी पर रखिए।

18. द्रव भी ध्वनि का वहन करते हैं

अपने सिर को पानी में इतना डुबाइए कि आपके कान पानी में डूब जाएं (यह काम तैरने के कुण्ड में, समुद्र, नदी या नहाने के टब में हो सकता है)। अब कोई व्यक्ति आपसे कुछ दूर पानी में एक घंटी डाल कर उसे बजाए और आपके कान अब भी पानी में ही रहें। आप पानी द्वारा आई ध्वनि को स्पष्ट सुन सकेंगे। यह सच है कि वायु की अपेक्षा जल में ध्वनि चौगुने वेग से चलती है।

19. गैस-भरा गुब्बारा ध्वनि-लैन्स की तरह काम करता है

रबड़ के एक गुब्बारे में हवा फूंक कर उसे साधारण आकार तक फुला लीजिए। गुब्बारे को हाथ में पकड़े रहिए। फुलाने से गुब्बारे में अंशतः कार्बन डाइ-आक्साइड भर गई है। गुब्बारे को अपने कान और किसी घड़ी के बीच रखिए। आपको घड़ी के टिकटिकाने की ध्वनि उस समय की अपेक्षा अधिक स्पष्ट सुनाई देगी। कारण यह है कि भारी कार्बन डाइ-आक्साइड में, जो कि वायु की अपेक्षा अधिक भारी होती है, ध्वनि-तरंगें अधिक मन्द वेग से चलती हैं। ध्वनि-तरंगों के लिए गुब्बारा अभिसारी (कनवर्जिंग) लैन्स की तरह काम करता है। हाइड्रोजन गैस से भरे हुए गुब्बारे को लेकर प्रयोग को दोहराइए।

ख. ध्वनि और संगीत

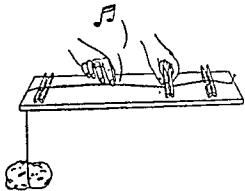
1. कम्पनशील पेटी

टीन के पुराने डिब्बे की पेंदी में एक छेद कर दीजिए। किसी मजबूत डोर अथवा मछली मारने वाली डोर का एक सिरा भीतर डाल कर डोर को (डिब्बे के भीतर) पेंसिल से कस कर बांध दीजिए। डोर पर रेजिन रगड़िए। डिब्बे को एक हाथ से पकड़िए और दो अंगुलियों से पकड़ कर डोर को तानिए। अब अपनी अंगुलियों को डोर पर चलाइए। डिब्बे से ध्वनि निकलेगी। अपनी अंगुलियो को विविध वेगों से तागे पर चला कर प्रयोग को दोहराइए। ध्वनि के विविध तारत्वों (पिचेज) पर ध्यान दीजिए। क्या आप डिब्बे से संगीत-ध्वनियां निकाल सकते हैं? विविध नाप के टीन के डिब्बों और लेमन-चूस की पेटिकाएं लेकर प्रयोग को दोहराइए। क्या लकड़ी की पेटिकाओं मे भी वैसी ही ध्वनियां निकलती हैं?

2. रबड़ के छल्लों का सितार

केक बनाने के सांचे, सिगार का डिब्बा, फोटोग्राफ डेवलप करने की तश्तरी या हाथ धोने के बरतन या किसी भी चौकोर तश्तरी पर कई रबड़ के छल्ले तान कर लगा दीजिए। तनाव को घटा-बढा कर उनको इस प्रकार व्यवस्थित करिए कि उसमें विभिन्न स्वर निकले। अब उन पर इच्छानुसार तान बजाइए। यह उपकरण हार्प्सीकार्ड नामक बाजे की तरह काम देगा। कम्पनशील तार और एक ध्वनि-पेटिका इस यन्त्र का सिद्धान्त है। उसी डिब्बे या तश्तरी पर रबड़ के विविध नापों के छल्ले लगा कर प्रयोग को दोहराइए।

3. एकतारा

1 मीटर लम्बा इस्पात का तार (जैसा सितार में लगता है), एक कील, कपड़ा लटकाने वाली तीन चुटकिया, पतली पर्ती लकड़ी अथवा किसी अन्य पदार्थ की बनी ध्वनि-पेटिका (नाप लगभग 60 × 15 × 3 सेंटीमीटर) और तार को तानने के लिए एक भारी वस्तु एकत्रित करिए। चित्र में दिखाई गई रीति से इन सबको संयोजित करिए। क्या आप अपने बनाए इस एकतारे से संगीत उत्पन्न कर सकते हैं? अधिक तार लेकर इस प्रयोग को दोहराइए।

4. पिनों की संगीत-पेटिका

ऊपर के प्रयोग की ध्वनि-पेटिका पर एक पंक्ति में कई छोटी-बड़ी पिनें खोंसिए। पिनों को लेटर-ओपनर (या चाकू) से टुनटुना कर इस संगीत-पेटिका से कोई धुन निकालिए। बड़ी पिनों से मन्द स्वर निकलेंगे और छोटी पिनों से तीव्र स्वर।

इस प्रयोग को एक ऐसी कंघी की सहायता से भी करिए जिसमे विभिन्न लम्बाइयों के दांत बने हों।

5. शरबत पीने की नलिकाओं का वाद्यवृन्द

पांच वादकों के लिए शरबत पीने वाली दस नलिकाएं लाइए। एक कैंची की भी आवश्यकता होगी। एक नलिका के एक सिरे को दबा कर चपटा कर दीजिए और चपटे किए गए भाग के दोनों कोनों को काट दीजिए। अब यह चपटा सिरा शहनाई की जीभ की तरह काम करेगा। इसे मुंह में डाल कर फूंकिए। और उसमे इस प्रकार जीभ लगाइए कि ध्वनि खूब स्पष्ट निकले।

अब एक वाद्यवृन्द बनाइए। इसके लिए शेष नलिकाओं को भी बजाने की व्यवस्था करिए। नलिकाओं के दूसरे सिरों को थोड़ा-थोड़ा करके इतना काट डालिए कि उनमें संगीत के अन्य स्वर निकलने लगें और इस प्रकार पूरा सरगम तैयार कर दीजिए। प्रत्येक खिलाड़ी

दो स्वरों के लिए उत्तरदायी रहता है और वह प्रत्येक हाथ में एक नलिका लेता है। आरम्भ करने के लिए अपने राष्ट्रीय गान को बजाने की चेष्टा करिए।

इसका सिद्धान्त यह है कि नलिका के भीतर की हवा कम्पनशील जीभ के कारण कम्पन करने लगती है।

नलिकाओं से बाजा बजाने के बदले ताड़ के पत्ते से छोटी-बड़ी पिपहरियां बना कर भी यह प्रयोग बहुत अच्छी तरह किया जा सकता है।

6. बोतल और कांच-नलिका का ट्राम्बोन बाजा

कांच अथवा धातु की नलिका लीजिए, जिसका व्यास लगभग 1 सेंटीमीटर और लम्बाई 20 सेंटीमीटर हो। एक बोतल भी लीजिए और उसे पानी से लगभग पूर्णतया भर दीजिए। बोतल को एक हाथ में पकड़िए और नलिका को दूसरे हाथ में। नलिका का एक सिरा पानी में डूबा रहे। अब नलिका के दूसरे सिरे में फूंक मार कर उसे बजाइए। फिर नलिका को फूंक कर बजाते हुए ही बोतल को ऊपर-नीचे चलाइए। नलिका में वायु-स्तम्भ की लम्बाई को जब आप बदलेंगे तो आपको विविध स्वर सुनाई देंगे।

7. जल-तरंग

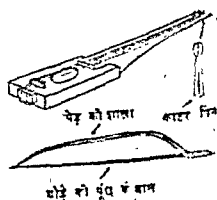
बोतलों और शीशियों का एक जल-तरंग इस प्रकार तैयार करिए, जिसमें प्रत्येक में इतना ऊंचा वायु-स्तम्भ रहे कि उससे सरगम का एक स्वर निकल जाए। आठ बोतलें एक ही तरह की लीजिए। पहली खाली रहे। शेष बोतलों में उचित ऊंचाई तक पानी डालिए, जिसमें पटरी या छोटी छड़ी से ठोंके जाने पर उससे सरगम के सभी स्वर निकल सकें। यह प्रयोग लम्बे गिलासों द्वारा भी किया जा सकता है। बोतल या गिलास के भीतर का वायु-स्तम्भ बोतलों के कम्पन होने के कारण स्वयं कम्पन करने लगता है।

यदि आपके पास चीनी मिट्टी के कई बरतन हैं या कई तारों की पटियां हैं तो उनसे भी यह खेल किया जा सकता है। इनमें से उनको चुन लीजिए जिनसे सरगम के स्वर निकलते हैं। इन्हें एक पंक्ति में रखिए। एक हाथ में लकड़ी या खाने का कांटा लीजिए और सावधानी से ठोंक कर धुन निकालिए। (भारत के जल-तरंग में चीनी मिट्टी के छोटे-बड़े प्यालों में न्यूनाधिक जल भर कर स्वर निकाला जाता है)।

8. भोजन का समय बताने के लिए घुंघरूं घंटियां

इस्पात का नल (पाइप) प्राप्त करिए, जिसका व्यास लगभग 3 सेंटीमीटर हो और लम्बाई लगभग 3.5 मीटर। इसको काट कर चार टुकड़े करिए, जिनकी लम्बाइयां क्रमानुसार 100 सेंटीमीटर, 90 सेंटीमीटर, 80 सेंटीमीटर और 70 सेंटीमीटर हों। प्रत्येक नल के सिरे के दोनों ओर बर्मी से छेद करिए और उन्हें लटका दीजिए। वे स्वतन्त्रता से लटकें। कड़े रबड़ के हथौड़े से प्रत्येक को पारी-पारी से ठोंकिए और अपनी कक्षा के लिए एक प्रकार का नाम संगीत या संकेत-संगीत तैयार करिए (अर्थात् प्रत्येक छात्र एक अलग क्रम में नलों को बजाए)।

9. सिगार बक्स की वायलिन या सारंगी

एक सिगार बक्स या उसी प्रकार की दूसरी पेटिका, संगीत का सामान बेचने वालों से वायलिन के तार, लकड़ी के कुछ टुकड़े, एक टुकड़ा रेजिन और कुछ काटर-पिन लाइए। इन सब अवयवों को इस प्रकार संयोजित करिए कि चित्र में दिखाया गया सिगार बक्स

वायलिन बन जाए। कमानी (गज़, बो) किसी पेड़ की शाखा और लगभग 70 सेंटीमीटर लम्बे घोड़े की पूंछ के बाल से बनाई जा सकती है।

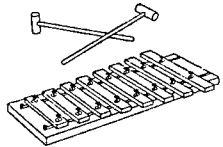
10. बांसुरी

बांसुरी के लिए बास का एक पूरा टुकडा लीजिए। बांस सीधा (पतले दल का) हो, उसका व्यास लगभग 1.5 सेंटीमीटर और लम्बाई लगभग 30 सेंटीमीटर हो। बांस के दोनों मुंह खुले हों और सारी लम्बाई खोखली हो। इसे हल्की आंच पर इतना सुखाइए कि इसका छिलका पीला या हल्का भूरा हो जाए। जब यह ठण्डा हो जाए तो चित्र में दिखाए गए स्थानों में इस पर मुंह और छेदों की पंक्ति बनाइए, जैसा बांस की बांसुरी, टीन की बांसुरी में होता है, परन्तु उसकी ध्वनि अधिक मधुर होती है। कम्पायमान वायु-स्तम्भ की लम्बाई मुख के पास बने छिद्र से लेकर प्रथम खुले हुए छेद तक नापी जाती है।

11. काठतरंग और मरिम्बा

इन्हें बनाने के लिए कड़ी लकड़ी, बास या लोहे की पत्तियों और एक पटरे की आवश्यकता पड़ेगी। इस प्रकार की 8, 12, या 16 पत्तियां चाहिए। उनकी लम्बाइयां इतनी हों कि ठोंकने पर सरगम के सब स्वर निकलें। काठतरंग के समतल पटरे पर जड़ने के लिए प्रत्येक पत्ती में प्रत्येक सिरे के किनारे पर लगभग 2 मिलीमीटर व्यास का छेद करिए। पटरे पर नमदे या ऊनी कपड़े की धज्जियां रखिए और प्रत्येक छेद मे छोटी कील डाल कर पटरे पर ठोंक दीजिए, जिससे पत्ती अपने स्थान पर पड़ी रहे परन्तु कसी न रहे। (कड़े) रबड़ के हथौड़े से ठोंकने पर पत्तियों मे कम्पन होगा।

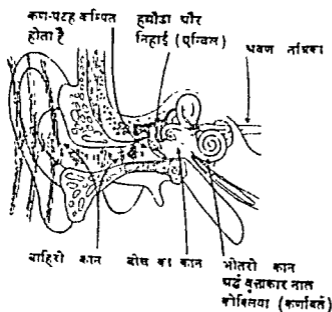
मरिम्बा के लिए चित्र में दिखाई गई रीति से लकड़ी के टुकड़े गाढ़े जाते हैं। इनसे आधार बनता है, जो ध्वनि-पेटिका की तरह काम देता है। प्रत्येक पत्ती के प्रत्येक सिरे पर दो-दो छेद करिए। इन सब छेदों में से एक मज़बूत डोर पहना दीजिए, जैसा चित्र में दिखाया गया है और इसे पेटिका के ऊपर तान दीजिए।

अब (कड़े) रबड़ के दो ऐसे हथौड़े लीजिए जिनके हत्थे (हैंडल) कुछ लम्बे हों। बजाने के लिए पत्तियों को हल्के-से ठोंकिए।

कुछ और सरल वाद्य-यन्त्र भी बनाए जा सकते हैं, उदाहरणार्थ विविध नगाड़े, ढोलक, मृदंग, तबले, तार के संगीत यन्त्र, आदि। स्वयं उन्हें बनाने की युक्ति करिए।

ग. ध्वनि को रेकार्डों में भरना और उसका पुनरुत्पादन

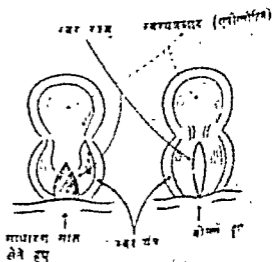
1. कान कैसे काम करता है

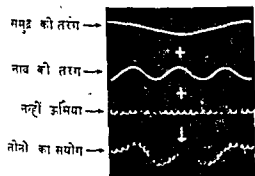
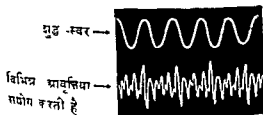
वायु में होने वाले कम्पन श्रवण-मार्ग (आडिटरी पैसेज) द्वारा कान के भीतर प्रवेश करते है। श्रवण-मार्ग का अर्थ है कान के मूल के पास की कर्ण-पटह झिल्ली (इयर-ड्रम मेम्ब्रेन)। वे कर्ण-पटह को चलायमान करते हैं, जिनसे कर्ण-पटह की तीन छोटी हड्डियों का समूह चलायमान होता है। इस तरह वे कान की उस गुहा में पहुंचते हैं, जिसे भीतरी कान कहा जाता है।

कान का एक भाग घोंघे के कवच (शैल) के रूप का होता है। यहा वह अंग रहता है जो ध्वनि-तरंगों को ग्रहण करता है और श्रवण-तन्त्रिका द्वारा मस्तिष्क से सम्बद्ध रहता है। भीतरी कान का एक अन्य अवयव, जिसमें तीन छोटे अर्धवृत्ताकार नाल होते हैं और जो सन्तुलन बनाए रखता है, सुनने में कोई भाग नही लेता।

ध्वनि के कम्पन घोंघे के कवच के रूप की काक्लिया तक साधारणत: कर्ण-पटह और पूर्वोक्त छोटी हड्डियों द्वारा पहुंचते हैं (इससे एक तन्त्रिका-सन्देश उत्पन्न होता है जो मस्तिष्क तक पहुंचता है), परन्तु कम्पन खोपड़ी की हड्डियों द्वारा भी पहुंच सकता है। काक्लिया तक कम्पन चाहे किसी भी मार्ग से पहुंचे, हमें ध्वनि सुनाई पड़ेगी ही।

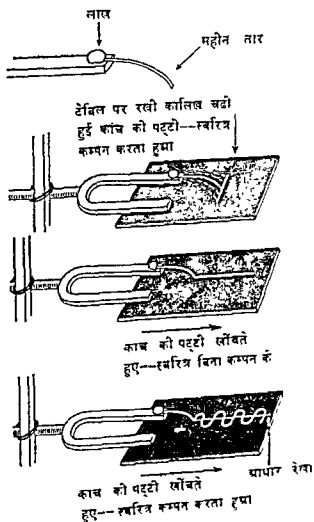
जब कोई ध्वनि हमारे दोनों कानों तक पहुंचती है तो हम जान लेते हैं कि ध्वनि किस दिशा से आती है। यदि यह ठीक सामने से आती है तो यह दोनों कानों में ठीक एक समय पहुंचती है और उसका बल भी बराबर रहता है। परन्तु यदि ध्वनि का उद्गम एक ही ओर हो तो क्योंकि हमारा एक कान दूसरे कान से कुछ अधिक दूरी पर पड़ता है, इसलिए ध्वनि वहां कम बल-सहित तथा तनिक देर में पहुंचती है।

2. बोल कैसे उत्पन्न होता है

बोलने में मुंह, दांत, जीभ, गला और फेफड़े—सभी काम करते हैं। ध्वनि झिल्ली (मेम्ब्रेन) की दो पतली चादरों द्वारा उत्पन्न होती है जिन्हें स्वर-रज्जु (वोकल कार्ड्स) कहते हैं। स्वर-रज्जु ध्वनि-कक्ष के अनुप्रस्थ (ऐक्रास) लगे रहते हैं। ध्वनि-कक्ष को कण्ठ या स्वर-यन्त्र (लैरिंक्स) कहते हैं। स्वर-यन्त्र श्वास-नली (विण्ड-पाइप) का ऊपरी भाग है और यह गले के पीछे जीभ की जड़ पर स्थित है। जब आप कोई वस्तु निगलते हैं तब यहां कार्टिलेज का एक कूटद्वार, जिसे स्वर-कण्ठच्छद कहते हैं अपने आप उतर कर स्वर-यन्त्र को बन्द कर देता है। इसलिए कोई भी आहार श्वास नली में नहीं जाने पाता। जब स्वर-रज्जु गले की कुछ मांस-पेशियों के संकुचन के कारण तने रहते हैं तो उनके बीच एक सकरा दीर्घ छिद्र (स्लिट) बन जाता है। जब इस छिद्र मे हवा बलपूर्वक बाहर निकाली जाती है तो उन्हें कम्पायमान होना पड़ता है। इनसे श्वास नली, फेफड़े, मुंह और नासिका-गुहाओं की वायु में भी कम्पन उत्पन्न हो जाता है।

3. ध्वनि-तरंगों के चलने की रीतियां

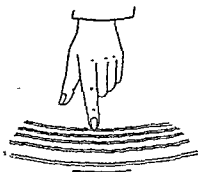
एक सैकंड मे जितने भी पूर्ण कम्पन हों, वही उस कम्पन की आवृत्ति (फ्रीक्वेन्सी) है। जिस रीति से विविध ध्वनि-आवृत्तियां संयुक्त होती है, वह जल की तरंगों के संयुक्त होने की रीति के समान है। समुद्र की तरंगें सबसे अधिक लम्बी होती है अर्थात् उनकी आवृत्ति कम होती है। मान लीजिए इन तरंगों पर कोई छोटी मोटर बोट चलती है। यह बोट अपनी निजी तरंगें भेजती है, जिनकी आवृत्ति सागर की तरंगों से अधिक होती है। फिर, यदि हवा बह रही है तो वह मोटर बोट वाली तरंगों के तल पर नन्हीं ऊर्मियां (रिपल्स) भेजती है। साधारणतः ऊर्मियों की आवृति अन्य दोनों से भी अधिक होती है। अब इन तीनों के संयोग से चित्र में दिखाई गई रीति की आकृति बनती है।

इसी प्रकार, विविध वाद्य-यन्त्रों से विविध आकृतियां निकलती हैं और उनकी ध्वनि-तरंगें संयुक्त होकर ध्वनि-तरंगों की विविध आकृतियों का निर्माण करती हैं।

4. स्वरित्र की तरंग-आकृति

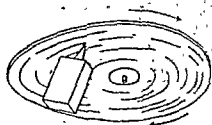
लाख को पिघला कर उसकी दो बूंदे टपका कर किसी स्वरित्र (ट्यूनिंग फोर्क) की एक भुजा में महीन तार का एक टुकड़ा चिपका दीजिए। स्वरित्र की मूठ को किसी स्टैंड में मजबूती से कस दिया जाता है और उसे मेज से जरा-सा ऊपर रखा जाता है। कांच की छोटी पट्टी पर तेल के दिए या मोमबत्ती से कालिख चढ़ाइए। अब इस पट्टी को स्वरित्र की उस भुजा के नीचे रखिए जिसमें तार चिपकाया गया है। तार को इतना मोड़ देना चाहिए कि वह कांच की पट्टी को छू दे। अंगुली से स्वरित्र में कम्पन आरम्भ करिए और मेज पर कांच की पट्टी को इतने वेग से खीचिए कि उस पर तरंग रेखांकित हो जाए।

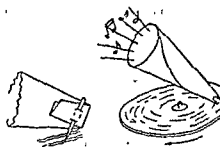
इस प्रयोग को दोहराइए, परन्तु कांच की पट्टी को हर बार विविध वेगों से खीचिए और विभिन्न स्वरित्रों का उपयोग करिए।

तरंग की रेखा आधार-रेखा से जितनी ही ऊंची होगी ध्वनि उतनी ही ज़ोरदार होगी।

5. ग्रामोफोन-रेकार्ड ध्वनि को पुनरुत्पादित करता है

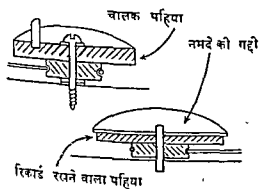
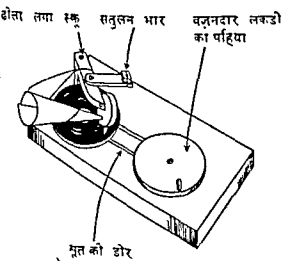
एक ग्रामोफोन रेकार्ड तथा एक प्रवर्धक लैन्स लाइए। प्रवर्धक लैन्स द्वारा देखने पर रेकार्ड में बहुत-सी तरंगित रेखाएं दिखाई देंगी। यदि हो सके तो अलग-अलग गति से चलने वाले रेकार्डों की तरंगित रेखाओं की तुलना करिए।

अब रेकार्ड को मशीन पर रख दीजिए और उसे साधारण वेग से घूमने दीजिए। अपने नख की कोर को रेकार्ड की किसी रेखा में डालिए और सावधानी से सुनिए। क्या आप अपने नख से निकले संगीत को सुन सकते है? क्या आपको अपने नख में कम्पन का अनुभव हो रहा है? स्पष्ट है कि जब आपका नख रेकार्ड की गहरी रेखाओं में फंसा है तो उसे विवश होकर कम्पायमान होना पड़ता है और इस प्रकार वह अभिलिखित ध्वनियों का उत्पादन करता है (नख यदि बढ़ा रहे और काट कर नुकीला कर दिया जाए तो अच्छा रहेगा)।

6. सरल पुनरुत्पादक

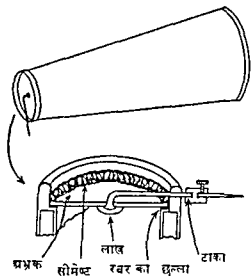
दियासलाई की खाली डिबिया या कार्ड (कड़े कागज़) के कोनों में ग्रामोफोन की सूई धुसा दीजिए। अब पिछले प्रयोग को दोहराइए, परन्तु नख के बदले सूई का उपयोग करिए। क्या ध्वनि-घोष बढ़ जाता है?

7. एक दूसरा सरल पुनरुत्पादक

अधिक बलशाली घरेलू पुनरुत्पादक के लिए शंक्वाकार चोंगे का उपयोग कर... आप पुराने फोनोग्राफों का-सा नमूना बना सकते है। पिछले प्रयोग के कार्ड या दियासलाई... बदले लगभग 40 × 40 सेंटीमीटर के वर्ग... भारी कड़े कागज से बने चोंगे का उप... करिए। कागज को शंकु के आकार... कर दीजिए और उसके संकरे सिरे को... दीजिए। फिर कागज की सब परतों में... दिखाई गई रीति से एक सूई धुसा दीजि... चोंगे को इस प्रकार पकड़िए कि जब रे... घूमे तो सूई रेकार्ड के खांचे में हल्के-से... रहे। अब कमरे में वर्तमान हर एक व्य... को आपके सरल पुनरुत्पादक का संगीत सु... पड़ेगा।

8. सब के लिए ग्रामोफोन

आपको इन वस्तुओं की आवश्यकता प... दो गोल लकड़ियां, लगभग 2.5 सेंटी... मोटी और 30 सेंटीमीटर व्यास की; ... एक लगभग 80 × 40 × 2.5 सेंटीमीट... लकड़ी; फलालैन का एक टुकड़ा, जिसका... 30 सेंटीमीटर हो—इसी पर रेकार्ड रखा जा... पतले अभ्रक का एक टुकड़ा लगभग 10... सेंटीमीटर का (कभी-कभी गैस ब...

ो चिमनियां भी अभ्रक से बनी होती है, उनका अभ्रक काम दे सकता है); ड्यूको सीमेंट ी एक नलिका; ग्रामोफोन की सूइयां, पिन, वनि-उत्पादक की चौखट बनाने के लिए धातु ा एक बाजू (फ्लेंज) और सूई पकड़ने वाला र्ज़ा। यह बन जाने के बाद आपका फोनो-ाफ़ पहले चित्र के समान लगेगा। पहले दो ोल लकड़ियों को पेदे पर आरोपित करिए जैसा कि दिखाया गया है) और चालक पहिए या रेकार्ड रखने वाले पहिए को सूत की उचित लम्बाई वाली डोर से सम्बद्ध कर दीजिए। रेकार्ड ाले पहिए पर फलालैन या नमदे की गद्दी सरेस चिपका दीजिए। इसी पर रेकार्ड रखा ाएगा।

यन्त्र का प्रमुख भाग, अर्थात् ध्वनि-उत्पादक तथा चोंगा, दो रीतियों में से किसी से भी बनाया जा सकता है। इनमें कागज के दूध के डिब्बे वाली रीति अधिक सरल है (परन्तु भारत में ऐसे डिब्बे प्रायः नहीं मिलते)। चित्र के आधार पर काम करिए।

(क) धातु के फ्लेंज (पट भाग) पर, जिस पर साधारणतः टोपी (ढक्कन) टिकाई जाती है, रबड़ का एक छल्ला सफाई से सीमेंट लगा कर चिपका दीजिए।

(ख) अभ्रक की चादर का एक गोल टुकड़ा इतना बड़ा काटिए कि वह दूध के डिब्बे के मुह मे ठीक बैठे।

(ग) अभ्रक के केन्द्र पर बर्मी से एक छोटा-सा छेद करिए। एक बहुत बड़ी पिन (आलपिन) लेकर उसे सिर के पास मोड़ दीजिए। मोडा हुआ भाग शेष लम्बाई से लगभग एक समकोण बनाए। इस पिन को अभ्रक के छेद में डाल दीजिए और तब धातु वाले फ्लेंज में किए गए एक छेद में पिन की नोक डाल कर नोक को बाहर निकलने दीजिए।

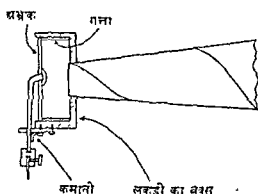
(घ) तनुपट (अभ्रक) को ड्यूको अथवा शीघ्र सूखने वाले किसी सीमेंट से अपने स्थान पर चिपका दीजिए।

(ङ) सूई पकड़ने वाला पुर्जा बनाने के लिए किसी कम व्यास वाली पीतल की छड़ में से 6 मिलीमीटर का एक टुकड़ा काट लीजिए। इसको पूरी लम्बाई में एक छेद कर दीजिए और पिन के सिरे से फालतू लम्बाई को काट कर उस पर इसे चढ़ा दीजिए और टांके मे जोड़ दीजिए। अब

(लोहे का) एक छोटा पेच (सेट स्क्रू) लीजिए (जैसा ज्यामितीय ड्राइंग पेन मे लगा रहता है) और पूर्वोक्त पीतल के पुर्ज़े की एक बगल में छेद कर लीजिए, जो व्यास में इस पेच से जरा छोटा रहे । तब पेच को छेद में बलपूर्वक घुमा दीजिए, जिससे पीतल में भी चूड़ी बन जाए।

(च) ऊपर (ङ) में बताए गए पुर्ज़े के बदले आप बिजली की बत्ती के किसी पुराने होल्डर मे से पीतल का वह पुर्ज़ा ले सकते हैं जिसमें बिजली का तार डाल कर कसा जाता है।

(छ) चोंगा बनाने के लिए मोमी कागज वाली आइसक्रीम खाने की प्याली लीजिए और उसकी पेंदी निकाल कर फेंक दीजिए अथवा कागज का बना हुआ दूध का डिब्बा लें और उसे ऊपर बताए गए धातु के फ्लेंज के छेद (मुंह) में कस दीजिए।

(ज) इस पूरे एकक को वाहक बाहू (कैरियर आर्म) पर चिपकाऊ पट्टी से बांध दीजिए। शेप काम आपके चातुर्य पर निर्भर है।

ध्वनि-उत्पादक बनाने की दूसरी रीति ऊपर के चित्र में दिखाई गई है। इससे ऐसा यन्त्र बनेगा जो साधारण फोनोग्राफों से अधिक मिलता-जुलता रहेगा (भारत में यह अधिक सुगमता से बन सकता है)।

9. फोनोग्राफ से ध्वनि-अभिलेखन

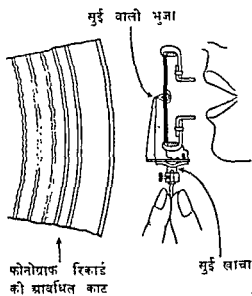
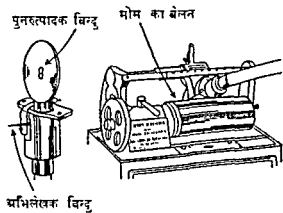
ध्वनि अभिलेखन (रेकार्डिंग) ध्वनि-पुनरुत्पादन की ठीक उल्टी क्रिया है। हम सीख चुके हैं कि हमारी आवाज़ अथवा किसी भी अन्य ध्वनि के द्वारा किसी भी वस्तु को कम्पायमान किया जा सकता है और उससे कालिख लगी हुई चलती कांच-पट्टी पर तरंगित रेखाएं भी बनाई जा सकती हैं।

अपने मुह के सामने एक कड़ा कागज (कार्ड) लाइए और उस पर आवाज डालिए। अपनी अंगुलियों के छोर से कागज के कम्पन का अनुभव करिए।

आइसक्रीम वाली (मोमी कागज की) प्याली अथवा कागज के बने हुए दूध के डिब्बे की पेंदी निकाल डालिए और उसके मुंह के संकरे सिरे पर पतले कागज या पतले रबड़ का पर्दा तान कर बांध दीजिए। इसमें कोई गाना गाइए और कम्पनों का अनुभव करिए।

पिछले प्रयोग मे बनाए गए ध्वनि-पुनरुत्पादक को निकाल लीजिए और उसके छेद (मुंह) में कुछ बोलिए। उसे छूकर देखने से आपको पता लगेगा कि बोलने पर सूई की नोक कम्पन करती है।

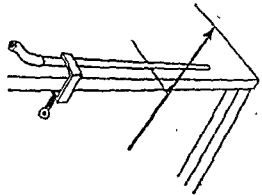
अब ध्वनि-पुनरुत्पादक को अपनी पुरानी जगह पर लगा दीजिए, और घूम-घूम कर रेकार्ड की जगह उसी नाप के कालिख लगे कांच-पट्ट को लगा दीजिए। चोंगे में कुछ बोलिए और अपने बोलते समय ही किसी से घूमचक्कर को चलवा दीजिए। सूई में कम्पन होगा और आपकी आवाज को अंकित करने के लिए ये तरंगित

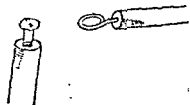
रेखाएं खींचेगी। काच के पट्ट की जगह कड़े मोम की गोल चादर भी लगाई जा सकती है।

बोलता यन्त्र सबसे पहले टामस ए० एडिसन ने बनाया था। यह यन्त्र अभिलेखक (रेकार्डर) भी था और पुनरुत्पादक भी। वह पहले आवाज को अभिलिखित करता था और फिर उसे बजा देता था। यदि आप कोई वैज्ञानिक वस्तु-संग्रहालय (सायंस म्यूज़ियम) देखने जा सकें तो वहा पुराने ढंग के डिक्टाफोन को देखिए। नए यन्त्रों की अपेक्षा पुराने यन्त्रों में उनके पुर्जे अधिक स्पष्ट दिखाई पड़ते हैं।

अध्याय—13

उष्मा के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

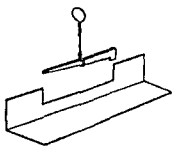
क. उष्मा का प्रसारी प्रभाव

1. यह दिखाना कि गरम करने पर ठोस वस्तुएं फैलती हैं

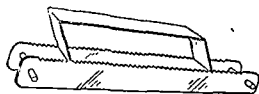
लगभग 2 मीटर लम्बी तांबे की एक मजबूत नलिका लीजिए (लोहे की नलिका से भी काम चल सकता है)। उसे मेज पर रखिए और उसके एक सिरे को सन्धर (क्लैम्प) लगा कर स्थिर कर दीजिए (भारी बोझ से भी काम चल जाएगा)। दूसरे सिरे के नीचे बुनाई वाली (लोहे की) सलाई को मोड़ कर अथवा साइकिल की तीली का एक टुकड़ा रख दीजिए ताकि वह रोलर का काम करे। रोलर के मुड़े हुए सिरे में बालसा नामक लकड़ी की एक पतली खपची (अथवा पुआल की एक सींक) को लाख से जोड़ दीजिए, जो लगभग 1 मीटर लम्बी हो। रोलर पर पड़ी नलिका में जब भी कोई गति होगी, तो इस खपची के द्वारा उसका पता चल जाएगा। नलिका के स्थिर सिरे की ओर से नलिका में एक ही गति से हवा फूंकते रहिए, गरम सास के कारण तांबे की नलिका जितनी बढ़ेगी उसका भी पता इस व्यवस्था से चल जाएगा (भारत में यह जाड़े के दिनों में ही सम्भव है और इसके लिए तांबे की नलिका आवश्यक है क्योंकि लोहे की अपेक्षा तांबा अधिक फैलता है)। अब नलिका के भीतर वाष्प प्रवाहित करेंगे तो सूचक पूरा या अधिक चक्कर लगा डालेगा, जिसकी मात्रा इस पर निर्भर है कि रोलर का व्यास कितना है। प्रयोग को फिर से दोहराइए, परन्तु रोलर और सूचक को नलिका के खुले सिरे के अधिक समीप रखिए। पहले के परिणाम से तुलना करिए।

2. वलय और डाट वाला प्रयोग

लकड़ी में कसने वाला एक कड़ा पेंच और एक पेंचयुक्त बड़ी आंख (छल्ला) लीजिए। पेंच का सिरा इतना बड़ा हो कि वह आंख में ठीक घुस कर पार हो जाए परन्तु जरा भी ढीला न रहे। प्रत्येक को एक छड़ी के सिरे में कस दीजिए, परन्तु धातु का कम-से-कम 2.5 सेंटीमीटर भाग छड़ी के बाहर निकला रहे। थोड़ी देर तक पेंच के सिरे को किसी ज्वाला में गरम करिए और तब उसे पूर्वोक्त आंख के भीतर डालने की चेष्टा करिए। फिर पेंच को गरम किए रहिए और साथ ही आंख को भी ज्वाला में गरम करिए। अब फिर आंख के भीतर पेंच का सिरा डालने की चेष्टा करिए। पेंच के सिरे को ज्वाला में रखिए और पेंचयुक्त भाग को ठण्डे पानी में ठण्डा कर लीजिए। फिर एक को दूसरे में डालने की चेष्टा करिए। इसके बाद

पेच के सिरे को भी ठण्डा कर लीजिए और फिर चेष्टा करिए।

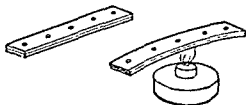
3. दण्ड और मापी

इस परम्परागत उपकरण का दण्ड बनाने के लिए गढ़ी कील (कट नेल—ऐसी कील न मिले तो किसी भी लम्बी कील का उपयोग करिए, परन्तु नोक घिस कर निकाल दी जाए, दोनों ओर के तल समतल हों और कील की लम्बाई पर लम्ब हों) और मापी बनाने के लिए टीन के एक टुकड़े का उपयोग करिए। नापने वाला खुला मुंह बनाने के लिए टीन को कैंची से काटा जा सकता है। टीन को लम्बाई की दिशा में बीच से मोड़ दीजिए। इससे टीन अधिक मज़बूत हो जाएगा और उसे मेज पर इस प्रकार खड़ा किया जा सकेगा कि मापी का मुंह ऊपर रहे। हत्था बनाने के लिए दण्ड (कील) पर तार का एक टुकड़ा लपेट लीजिए, जो हैंडल का काम करे।

4. उष्मीय सर्पक (क्रीपर)

यह प्रतिकृति यह दिखाती है कि उष्मा के कारण सीसे आदि की बनी हुई छतें किस प्रकार सरकने लगती हैं (विदेश में लोग लकडी की छत पर सीसे की चादर बिछा देते हैं ताकि लकड़ी न सड़े और पानी भीतर न टपके)। बुनने की एक सलाई के दोनों सिरों पर काग (कार्क) चढ़ा दीजिए। प्रत्येक काग में दो पिनें खोंस दीजिए, जिससे उपकरण की चार टांगें हो जाएं। ये पिनें तिरछी लगाई जाएं ताकि सलाई के बढ़ने पर सामने वाली जोड़ी सुगमता से आगे खिसक सके और सलाई के छोटे होने पर स्वयं भूमि में धस कर निश्चल हो जाए और पीछे वाले पैरों को आगे घसीट ले।

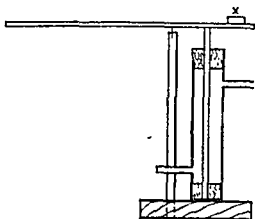
लोहा आदि के दो फलों पर पीतल का पुल रखने पर भी वह ठीक इसी प्रकार काम करेगा और ब्लेडों को तिरछा रखने पर वह ऊपर भी चढ़ता जाएगा।

5. द्विधात्विक पट्टी

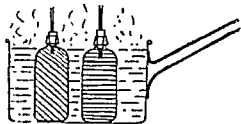
लोहे और पीतल की बराबर नाप की दो पट्टियों को एक के ऊपर एक रख कर लवंगित कर दीजिए। इस पट्टी को गरम करने पर वह एक ओर कम और दूसरी ओर अधिक फैलने के कारण मुड़ जाएगी। छेद कील से करिए और छोटी कीलों को लवंग (रिवेट) की तरह इस्तेमाल करिए।

पट्टियों को परस्पर बांधने की दूसरी रीति यह है कि प्रत्येक पट्टी की बगल में बराबर दूरियों पर बढ़े हुए भाग छोड़ दिए जाएं और उनको दूसरी पट्टी के ऊपर मोड़ दिया जाए ताकि वे एक-दूसरे में फंस जाएं।

6. प्रसरण-दर को नापने के लिए एक युक्ति

इस प्रयोग के लिए पृष्ठ 44 पर बताए गए लीबिग सघनक को भाप-जैकेट की तरह काम में लाइए। लकड़ी की एक पट्टी से उत्तोलक का काम करके परीक्षण-दण्ड के प्रसरण को बढ़ा कर देखा जा सकता है। बांस या गोल (या चौकोर) लकड़ी का एक टुकड़ा लीजिए। इसके सिरे पर एक रेज़र ब्लेड लगा कर एक सन्तोषजनक कीलक (पिवट) बनाया जा

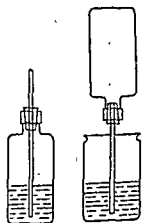
सकता है। चित्र में (×) पर प्रतिभार (काउण्टर वेट) रखा गया है, जो उत्तोलक को परीक्षण-दण्ड पर दबाए रहता है।

बाहरी नलिका में पहले ठण्डा पानी और तब वाष्प प्रवाहित करनी चाहिए। फिर दण्ड के प्रसरण की नाप उत्तोलक की नापों तथा मुक्त सिरे की गति को देख कर की जाती है।

7. द्रवों का प्रसरण

दो-तीन शीशियों में काग और नलिकाएं लगाइए। उनमें विभिन्न द्रव भरिए और उन्हें गरम पानी के बरतन में लगभग डुबा दीजिए। नलिकाओं में पानी जितना अधिक चढ़ जाता है, उतना ही उसका प्रसरण हुआ है। यदि नलिकाओं का व्यास ज्ञात हो और बोतलों की धारिता भी, तो आभासी प्रसरण-गुणांक भी निकाले जा सकते हैं।

8. गैसों का प्रसरण

शीशियों की सहायता से वायु तथा अन्य गैसों का भी प्रसरण दिखाया जा सकता है। शीशी में वायु कुछ रहने दीजिए। नलिका को उसके भीतर इतनी दूर तक डालिए कि उसका मुंह पानी के नीचे हो जाए (यदि जाड़े का दिन हो तो)। शीशी पर हाथ रखने से हाथ की गरमी के कारण वायु फैलती है और द्रव को नलिका में ऊपर ले जाती है।

एक सरल प्रकार का वायु-तापमापी नलिका को नीचे (दाहिनी ओर) दिखाई गई रीति से व्यवस्थित करने पर बनाया जा सकता है। इस अध्याय के प्रयोग ख-2 को भी देखिए।

इस बोतल को गरम करने से वायु बाहर निकलती है। ठण्डा होने पर भीतर की दाब कम हो जाती है और इसलिए द्रव ऊपर चढ़ता है।

9. गैसों का प्रसरण—साबुन का बुलबुला

शीशी के मुंह पर साबुन का एक बुलबुला बनाइए (शीशी के मुंह को साबुन के घोल में डुबा कर निकाल लीजिए)। यदि शीशी पर (जाड़े के दिन में) गरम हाथ रखा जाए तो साबुन का बुलबुला बड़ा हो जाएगा।

10. गैसों का प्रसरण दिखाने की एक अन्य रीति

बिजली के पुराने बल्ब से बने फ्लास्क के मुंह पर रबड़ का गुब्बारा खींच कर लगा दीजिए। बल्ब को धीरे-से मोमबत्ती या स्पिरिट लैम्प की ज्वाला पर गरम करिए।

पृष्ठ 126 के प्रयोग ख-2 को भी देखिए।

11. गुब्बारे की सहायता से प्रसरण सम्बन्धी एक प्रयोग करना

गुब्बारे अथवा फुटबाल में अंशतः हवा भरिए।

फिर उसे धीमी आंच पर गरम करिए अथवा कुछ समय तक धूप मे रख छोड़िए, और परिणाम देखिए।

12. आग वाला गुब्बारा

पतले कागज का एक बडा थैला लेकर, जिसके भीतर कपड़ा बेचने वाले बहुधा कपड़ा रख कर देते हैं, आग वाला सरल गुब्बारा बनाइए।

लोहे या इस्पात के बहुत महीन तार का एक वृत्त बनाइए और उसमें व्यास के आर-पार एक रोक-दण्ड भी लगाइए। थैले का मुंह खोल कर उसके मुंह में पूर्वोक्त वृत्त को गोंद लगे कागज की पट्टी से (तीन-चार जगह) जोड दीजिए। रोक-दण्ड के बीचोंबीच थोड़ी रूई या स्पंज बाध दीजिए और उसे मेथिलेटेड स्पिरिट से तर कर दीजिए। स्पिरिट में आग लगा दीजिए और थैली की पेंदी को उठाए रख कर तार को पकडे रहिए। कागज के थैले में आग लगने का डर रहता है, इसलिए इस प्रयोग को कमरे के बाहर करना ही अच्छा है।

कागज के थैले का यह गुब्बारा ज्यादा देर तक नही उड़ता। इससे अच्छा गुब्बारा निम्नलिखित रीति से बनाया जा सकता है —

एक मेज़ पर चीनी कागज (अर्थात् पतंग बनाने का पतला कागज) के 6 ताव एक के ऊपर एक करके रखिए। उन्हें काट कर चित्र मे दिखाई गई आकृति का कर लीजिए और किनारों को जोड़ कर गुब्बारा बना लीजिए। मुंह को बन्द करने के लिए वृत्ताकार कागज की आवश्यकता पड़ेगी। मुह पर पहले की तरह तार का छल्ला लगाइए। ऐसा गुब्बारा बहुत ऊंचाई तक उठेगा और इसे पतंग की तरह धागा बाध कर उडाया जा सकता है। यदि मिल सके तो ठोस *मेथिलेटेड स्पिरिट लीजिए, जैसा कि कुछ स्पिरिट* लैम्पो मे जलाया जाता है। यह अधिक सुविधाजनक रहेगा। इसे टीन के छोटे ढक्कन मे रखिए। ढक्कन को गुब्बारे के मुह के बीच मे तार की कटोरी में रखा या बाधा जा सकता है।

ख. ताप

1. क्या आपकी ताप-बोधक शक्ति विश्वसनीय है

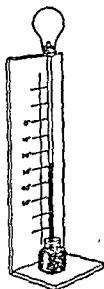
तीन बरतनों में पानी भरिए। एक मे इतना गरम पानी हो कि आप उसमे हाथ डाल सकें। दूसरे में बर्फ के समान ठण्डा पानी हो। तीसरे में गुनगुना पानी हो। दोनो हाथो को गुनगुने पानी मे डाल दीजिए और आधे मिनट तक उसी मे पड़ा रहने दीजिए। क्या दोनो हाथों को पानी का ताप एक ही जैसा जान पड़ता है? क्या वह गरम मालूम होता है या ठण्डा अथवा अन्यथा ही (न गरम न ठण्डा) जान पड़ता है?

अब एक मिनट तक बाएं हाथ को गरम पानी में रखिए और दाहिने हाथ को बर्फ के समान ठण्डे पानी मे। फिर शीघ्रता से दोनो हाथो को पोंछ कर तुरन्त गुनगुने पानी में डाल दीजिए। दाहिने हाथ को क्या अनुभव होता है? बाएं हाथ को क्या अनुभव होता है? क्या उनको वैसा ही अनुभव हो रहा है जैसा उन्हें पहली बार गुनगुने पानी मे डालने पर हुआ था? *आपकी ताप-बोधक* शक्ति कैसी है?

2. वायु तापमापी बनाना

बिजली के पुराने बल्ब से बने फ्लास्क (या

पतली दीवार वाली बोतल या परीक्षण-नलिका) में एक छेद की रबड की डाट लगा दीजिए और उसके छेद में 60 सेंटीमीटर लम्बी कांच-नलिका लगाइए । डाट बल्ब में पूर्णतया वायु-अभेद्य होकर बैठे । जोड़ को पक्का करने के लिए उस पर जलती मोमबत्ती से मोम टपकाया जा सकता है । चित्र में दिखाई गई रीति से तापमापी के लिए लकड़ी का आधार तैयार करिए । नलिका के पीछे कागज की पट्टी चिपका दीजिए । इसी पर पैमाना बनाया जाएगा । अब किसी छोटी बोतल या शीशी में ठण्डा पानी भरिए और नलिका के नीचे वाले सिरे को उसमें डाल दीजिए। पानी को स्याही से रंगीन कर दीजिए । तापमापी के बल्ब को धीरे-से गरम करिए ताकि कुछ हवा निकल जाए । केवल इतनी ही हवा निकालिए कि जब बल्ब ठण्डा होकर कमरे के ताप पर आ जाए तो रंगीन पानी नलिका में आधी दूर तक चढ़ जाए ।

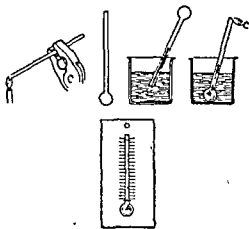
पैमाना बनाने के लिए तापमापी को कमरे में कई घंटे तक पड़ा रहने दीजिए। बल्ब के पास एक दूसरा साधारण तापमापी भी रखा रहे । पानी के स्तर पर कागज़ पर एक रेखा खींचिए और इस बिन्दु पर बगल वाले तापमापी के पाठ्यांक को लिख दीजिए । फिर अपने तापमापी को किसी गरम स्थान में ले जाइए और वहां उसे एक घंटे तक पड़ा

रहने दीजिए । बल्ब के पास ही दूसरा तापमापी रहे । पानी के स्तर और ताप को लिख लीजिए । फिर ठण्डी जगह ले जाइए और एक बार फिर पानी के स्तर और ताप को लिख लीजिए। इन चिह्नों के बीच के स्थान को बराबर-बराबर भागों में बांटिए और उन पर उचित ताप के अंक लिखिए ।

3. तापमापी कैसे काम करता है

बिजली के पुराने बल्ब से बने फ्लास्क को स्याही पड़े रंगीन पानी से भरिए । फ्लास्क में एक छेद वाली डाट लगाइए और उसमें 30 सेंटीमीटर लम्बी एक कांच-नलिका लगाइए । नलिका को फ्लास्क के भीतर इतनी दूर तक डालिए कि पानी नलिका में 5 या 6 सेंटीमीटर तक चढ़ जाए । फ्लास्क को त्रिपाद पर रखिए और उसके नीचे स्पिरिट लैम्प को जला कर रख दीजिए। पानी के स्तर को देखते रहिए। पानी कांच की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से बढ़ता है और नलिका में चढ़ जाता है । कक्षा के सूक्ष्म निरीक्षण करने वाले कुछ छात्र शायद इस बात पर गौर करेंगे कि गरम करने पर आरम्भ में पानी का स्तर पहले नीचे गिरता है और फिर ऊपर उठने लगता है । इसका कारण यह है कि पानी के गरम होने के पहले कांच का बल्ब गरम होकर फैल जाता है ।

4. स्पिरिट तापमापी बनाना

एक ऐसा सरल अल्कोहल तापमापी बनाने के लिए, जो ताप के घटने-बढ़ने को सही-सही बताए, 20-30 सेंटीमीटर लम्बी नलिका लीजिए, जिसका बाहरी व्यास 5 मिलीमीटर हो और भीतरी छेद का व्यास 1 मिलीमीटर हो । पहले नलिका के एक सिरे पर लगभग 1.5 सेंटीमीटर बाहरी व्यास के एक बल्ब को फुला दिया जाता है । तब इसमें रबड़-नलिका और थिसल कीप की सहायता से रंगीन किया गया औद्योगिक अल्कोहल (या मेथिलेटेड स्पिरिट) भरा जाता है या चित्र में दिखाई गई रीति से, अर्थात् बल्ब को गरम करके नलिका का मुंह अल्कोहल में डुबा दिया जाता है; बल्ब के ठण्डा होने पर

अल्कोहल भीतर चला जाता है (क्रिया को कुछ बार दोहराना पड़ता है)। बल्ब को पूर्णतया भर जाना चाहिए और उसमें हवा के बुलबुले नहीं रहने देने चाहिए। तब तापमापी को 60° सेंटीग्रेड गरम पानी में रख दिया जाता है। यह ताप अल्कोहल के खौलने के ताप से थोड़ा कम होता है। इतना गरम करने पर जितना भी अल्कोहल बाहर निकले, उसे निकल जाने दीजिए। तब खुले सिरे को (पिघला कर) बन्द कर दिया जाता है। फिर पानी को विविध तापों तक गरम करके तापमापी की जाच की जाती है और मापनी को अंकित कर दिया जाता है।

5. तापमापी की जांच करना

तापमापियों की मापनियो को दो निश्चित बिन्दुओं पर अंकित किया जाता है—भाप के ताप पर और पिघलती बर्फ के ताप पर। एक तापमापी लीजिए और उसे फ्लास्क में उबलते हुए पानी से जरा ऊपर भाप में रखिए। कई मिनट तक उसे वहां पड़ा रहने दें और देखें कि ताप 100° सेंटीग्रेड या 212° फा० के कितना निकट है।

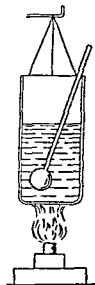
टिप्पणी : यदि आप बहुत ऊंचाई पर रहते हैं तो भाप का ताप 100° सेंटीग्रेड अथवा 212° फा० से काफी कम होगा, जिसका कारण है दाब में कमी होना। तापमापी केवल समुद्र-तल पर ही या उस स्थान पर ठीक उतरता है जहां वायुदाब-मापी का पाठ्यांक पारे का 760 मिलीमीटर हो।

तापमापी को भाप से हटा लीजिए, कुछ क्षण उसे ठण्डा होने दीजिए और तब उसे पिघलती बर्फ से भरे बरतन मे रख दीजिए। देखिए कि ताप 0° सेंटीग्रेड अथवा 32° फा० के कितना निकट है।

6. उष्मा और ताप—कैलारी की कल्पना

टीन के डिब्बे में नाप कर कुछ पानी रखिए। उसमें एक तापमापी रख दीजिए। डिब्बे को बुन्सन ज्वालक अथवा मोमबत्ती की ज्वाला पर रखिए। पानी को बराबर चलाते रहिए और देखिए कि कितने समय में ताप बढ़ कर 10° सेंटीग्रेड हो जाता है। अब कभी कम और कभी अधिक, परन्तु नपी हुई मात्रा में पानी लेकर प्रयोग को दोहराइए। बेलनाकार डिब्बे की सहायता से पानी का नाप (आयतन) ज्ञात करिए और 1 घन सेंटीमीटर पानी को 1 ग्राम के बराबर मानिए। शोषित कैलारियों की संख्या अवश्य ही द्रव्यमान × ताप मे परिवर्तन के बराबर होगी।

ग. उष्मा का स्थानान्तरण

1. धातु के दण्ड में स्थानान्तरण

कम-से-कम 30 सेंटीमीटर लम्बी तांबे, पीतल या अल्मीनियम की छड़ लीजिए। इस दण्ड मे तीन-तीन सेंटीमीटर की दूरी पर मोम से छोटी या साधारण कीलें चिपका दीजिए। इस दण्ड को मेज के ऊपर क्षैतिज स्थिति में स्थिर कर दीजिए

और एक सिरे को स्पिरिट लैम्प, अथवा अन्य ज्वाला से गरम करिए। इस बात का प्रमाण देखिए कि संवहन (कण्डक्शन) से उष्मा दण्ड के अनुदिश चलती है।

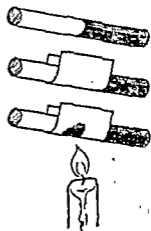
2. धातुएं उष्मा का संवहन विभिन्न दरों से करती हैं

कई धातुओं की 15 सेंटीमीटर लम्बी छड़ें लीजिए। इन छड़ों का व्यास लगभग बराबर होना चाहिए। टीन के डिब्बे से एक त्रिपाद बनाइए और इसकी बगलों में छेद करिए। इन छेदों में पूर्ववत् धातु की छड़ों को कस कर लगा दीजिए। ये छड़ें एक-दूसरे को त्रिपाद के केन्द्र में छूएं। प्रत्येक छड़ के बाहरी सिरे पर मोम से कोई छोटी या बड़ी कील चिपका दीजिए। त्रिपाद के नीचे बीचोबीच एक स्पिरिट लैम्प इस प्रकार ठीक केन्द्र में रखिए कि उसकी ज्वाला प्रत्येक छड़ तक समान रूप में जाए। अब देखिए कि छड़ों के दूसरे किनारों से कीलें किस क्रम से गिरती हैं।

3. धातुएं उष्मा की संवाहक होती हैं

इस विषय पर अधिकांश प्रयोग भ्रामक होते हैं क्योंकि उनमें विशिष्ट उष्मा (स्पेसिफिक हीट) तथा संवहन दोनों का प्रभाव पड़ता है। मोमबत्ती की ज्वाला पर कागज का एक टुकड़ा रखिए। यदि कागज ज्वाला के निकट लाया जाएगा तो वह झुलस जाएगा। अब कागज पर एक सिक्का रख कर इस प्रयोग को दोहराइए। धातु उष्मा को दूर ले जाएगी और इसके कारण कागज के झुलसने पर उस पर सिक्के की आकृति बन जाएगी।

4. धातु और लकड़ी की संवाहकता

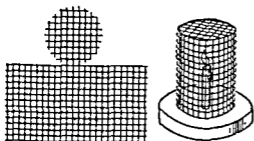
अगर किसी धातु की नलिका के भीतर लकड़ी की छड़ बिल्कुल ठीक बैठा दी गई हो तो उसका भी वही प्रभाव होता है, अर्थात् अगर छड़ को किसी ज्वाला पर रखा जाए तो वह शीघ्र जलेगी नहीं। इस प्रयोग को करने के लिए एक ऐसी निब वाली कलम से भी काम लिया जा सकता है जिसके एक सिरे पर धातु की छोटी-सी नलिका लगी हो। एक सिगरेट, धातु के सिक्के और रूमाल से भी यह प्रयोग किया जा सकता है। रूमाल को सिक्के पर (एक बार) लपेट दीजिए और रूमाल को अंगुलियों और अंगूठे के बीच इस प्रकार पकड़िए कि सिक्के पर लिपटा कपड़ा खिंच जाए। सिगरेट के लाल सुलगते हुए सिरे को सिक्के के ऊपर तने रूमाल पर दबाइए, रूमाल नहीं जलेगा।

5. धातु की जाली द्वारा संवहन

धातु की जाली के एक टुकड़े को स्पिरिट लैम्प या गैस की ज्वाला पर रखिए। आप देखेंगे कि ज्वाला जाली को पार करके ऊपर नहीं आती क्योंकि जाली के तार ज्वाला की उष्मा को संवाहित करके उसे दूर पहुंचा देते हैं। यदि आपकी कक्षा में गैस है तो त्रिपाद के नीचे एक ज्वालक रखिए, टोंटी खोल कर गैस आने दीजिए और गैस को जाली के ऊपर जला दीजिए। आप देखेंगे कि गैस जाली के ऊपर ही जलती है क्योंकि जाली उष्मा को दूर तक संवाहित कर देती है और नीचे गैस का ताप इतना नहीं,

बढ़ने पाता कि उसमें आग लग सके। इस प्रकार के प्रेक्षणों से ही सर हम्फ्री डेवी को खनिकों का निरापद दीप बनाने की प्रेरणा मिली थी, जिससे कोयले की खानों मे गैस विस्फोट नही होने पाता।

6. डेवी दीप की प्रतिकृति

तार की जाली की सहायता मे संवहन सम्बन्धी प्रचलित प्रयोगों को करने के बाद एक कामचलाऊ डेवी दीप बनाया जा सकता है। एक छोटी मोमबत्ती को तार की जाली के पिंजरे में बन्द करिए। उस पर रबड़ की नलिका से गैस की धार छोड़िए। गैस में आग नही लगेगी।

पेंदी लकड़ी की इष्टिका या प्लास्टिसीन (या सनी हुई मिट्टी) से बनाइए।

7. पानी उष्मा का अनुत्तम संवाहक है

परीक्षण-नलिका की पेंदी में कुछ बर्फ रखिए और फिर उसके ऊपर तार का एक टुकड़ा इस प्रकार डाल दीजिए कि बर्फ ऊपर न उठ सके। परीक्षण-नलिका में पानी डालिए और तब नलिका के माथे के पास के पानी को इतना गरम करिए कि पानी खौलने लगे। आप देखेंगे कि बर्फ बहुत कम गली है, जिससे पता चलता है कि पानी ने अधिक उष्मा को संवाहित नहीं किया है।

8. द्रवों में उष्मा संनयन (कन्वेक्शन) द्वारा स्थानान्तरित होती है

काच का एक बड़ा-सा ऐसा बरतन लीजिए जिसे गरम किया जा सके। काफी बनाने के कांच वाले यन्त्र का निचला भाग इस काम के लिए उपयुक्त रहेगा (या किसी फ्लास्क या पुराने बड़े आधार के बिजली के बल्ब से बनी फ्लास्क का उपयोग करिए)। बरतन को पानी से भर दीजिए। उसमें थोडा-सा बारीक कुतरा हुआ सोख्ता या लकडी का बुरादा डाल दीजिए और उसे पेंदी पर बैठने दीजिए। अब बरतन के नीचे स्पिरिट लैम्प रख कर गरम करना आरम्भ करिए। कागज के टुकड़ों के विचरण भागों को देखिए। कागज के टुकड़े उन धाराओं का अनुसरण करते हैं जो संनयन के कारण पानी मे उत्पन्न होती हैं।

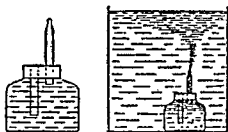
9. पानी में सनयन-धाराएं क्यों उत्पन्न होती हैं?

किसी बड़े बरतन में ठण्डा पानी भर कर उसे एक ही तुला पर ठीक-ठीक तोलिए। फिर उस बरतन में ठीक उतना ही, परन्तु खूब गरम पानी भर कर बरतन को तोलिए। आप देखेंगे कि गरम पानी की तौल कम होती है। बराबर आयतन रहने पर ठण्डा पानी गरम पानी की अपेक्षा भारी होता है। इसलिए जब पानी को गरम किया जाता है तो सनयन-धाराए उत्पन्न होती है। क्योकि आसपास का ठण्डा पानी गरम पानी के हल्केपन के कारण उसको ऊपर उठा देता है।

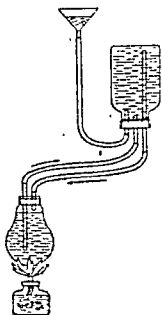
10. पानी में सनयन-धाराएं दिखाने की एक दूसरी रीति

स्याही या लेई की शीशी मे काग लगाइए और उसमे चित्र मे दिखाई गई रीति से दो नलिकाए लगाइए। एक नलिका के सिरे पर चचु (जेट) बनी रहे, जैसा कि दवा टपकाने वाली नलिका मे होती है। इस नलिका का दूसरा सिरा काग के नीचे ज़रा-सा ही निकला रहे और ऊपर वाला भाग काग के ऊपर लगभग दो इच निकला रहे। दूसरी नलिका का ऊपरी सिरा काग के ही स्तर में रहे और दूसरा सिरा लगभग शीशी की पेंदी तक पहुंच जाए। इस शीशी को खूब गरम पानी से भरिए जिसे, स्याही से गहरा रगीन कर दिया गया हो।

अब काच के एक बड़े बरतन को, जैसे बैटरी वाले बरतन, या बड़े अमृतबान को खूब ठण्डे

पानी से भर दीजिए। स्याही की शीशी को पोंछ कर शीघ्रता से बड़े बरतन की पेंदी पर रख दीजिए। देखिए क्या होता है? ऐसा क्यों होता है?

11. गरम पानी के तापन-तन्त्र (हीटिंग सिस्टम) की प्रतिकृति बनाना

बिजली के बड़े बल्ब से एक फ्लास्क बनाइए। चौड़े मुह की एक बोतल और एक कीप लीजिए। बोतल में एक काग कस कर लगाइए और उसमे तीन कांच-नलिकाएं लगा कर उन्हें चित्र में दिखाई गई रीति से व्यवस्थित करिए (यह बोतल विकिरक, रेडिएटर, को निरूपित करती है)।

फ्लास्क में दो छेद वाले एक काग को कस कर लगाइए और उसमें दो कांच-नलिकाएं लगा दीजिए। इनमे से एक नलिका फ्लास्क की पेंदी तक पहुंचे और दूसरी काग से बाहर निकल-भर

आए। कीप को दिखाए गए स्थान में लगाइए। यह प्रसरण-टंकी का काम देती है। उपकरण को पानी से भर दीजिए और गरम करिए। देखिए कि विकिरक (रेडिएटर) का कौन-सा भाग पहले गरम होता है। क्या आप समझा सकते हैं कि संनयन-धाराओं के द्वारा पानी किस प्रकार घूमता रहता है?

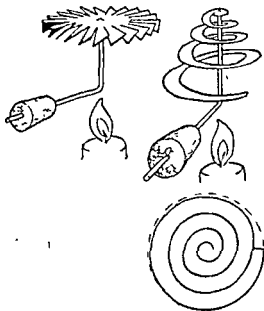
12. वायु में संनयन-धाराएं

टीन का एक वैसा ही वृत्ताकार (गोल) टुकड़ा लीजिए, जैसा कि सिगरेट के डिब्बों के भीतर डिब्बे को मुहरबन्द करने के लिए लगा रहता है। त्रिज्याओं के अनुदिश काट कर टीन की गोलाई-भर में दांत बना दीजिए और बुनने की सलाई को मोड़ कर टीन को उस पर सन्तुलित करिए (टीन के खण्ड सब समान रूप से ऐंठ दिए जाएं)। इसे मोमबत्ती की ज्वाला के ऊपर (कुछ दूरी पर) रखिए तो टीन वेग से घूमेगा। अगर कागज का सर्पिल बना कर उसे भी बुनने की सलाई पर टिकाया जाए तो वह भी इसी प्रकार घूमेगा।

लोहे के एक टुकड़े को आग में तपा कर लाल करिए और ठोस मेथिलेटेड स्पिरिट (मेटा ईंधन) के सम्पर्क में लाइए। वाष्प उठ कर तुरन्त ही फिर मणिभ (क्रिस्टल) हो जाता है (जम जाता है) और सारे कमरे में हिमपात का-सा सुन्दर दृश्य उपस्थित हो जाता है। ये मणिभ कमरे के भीतर पहले से ही उपस्थित झकोरों और संनयन-धाराओं के कारण गतिशील हो जाते हैं, जिनसे उपस्थित वायु-धाराओं का पता मणिभों के द्वारा चलता है।

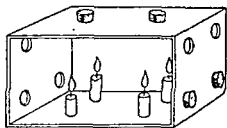
इन वायु-धाराओं को दिखाने की एक दूसरी रीति यह है कि गरम और ठण्डी हवा के वर्तनांकों की विभिन्नताओं का उपयोग किया जाए। किसी विद्युत् उष्मक (हीटर) या बिजली के साधारण बल्व से उत्पन्न होने वाली संनयन-धाराओं को हम कार में इस्तेमाल होने वाले 12 वोल्ट के परावर्तक-रहित बल्व से प्रदर्शित कर सकते

है। इस बल्ब की सहायता से संनयन-धाराओं की छाया को प्रदर्शित किया जा सकता है ।

पृष्ठ 127 के प्रयोग ख-6 को भी देखिए ।

13. संनयन-धाराओं के कारण वात कैसे उत्पन्न होता है

देखिए पृष्ठ 127 का प्रयोग ख-6 ।

14. संनयन-धाराएं और संवातन (वेंटिलेशन)

उस पेटी का उपयोग करिए जिसे आपने प्रयोग ख-6 में पृष्ठ 127 पर वातन के अध्ययन के लिए प्रयुक्त किया था। पेटी की दोनों बगलों मे बर्मे से चार छेद करिए—दो ऊपर और दो नीचे। अब छेदों में ठोस काग लगा दीजिए, साथ वाले उन छेदों में भी जहा पहले वाले प्रयोग में लैम्प की चिमनियां रखी गई थी। सामने वाले दीवार के छेद खिड़कियों का काम देते हैं। इन्हें ऊपर या नीचे खोला जा सकता है। पेटी में चार मोमबत्तियां रखिए और उन्हें जला दीजिए। अब आप यह अध्ययन कर सकते है कि संवातन की सबसे अच्छी रीति या अनुकूल परिस्थितियां कौन-सी होती हैं। सब खिड़कियों को बन्द कर दीजिए और कुछ समय तक मोमबत्तियों को देखते रहिए। अब विविध प्रकार से खिड़कियों को खोल कर देखिए—एक खिड़की ऊपर और नीचे खुली हुई, एक खिडकी ऊपर खुली हुई, दूसरी नीचे खुली हुई, दोनों ऊपर खुली हुई, केवल एक खिडकी नीचे खुली हुई, दोनो खिड़किया नीचे खुली हुई, केवल एक खिड़की ऊपर खुली हुई। खिड़कियो को किस प्रकार खोलने मे संवातन सबसे अच्छा किया जा सकता है ?

15. विकिरण द्वारा उष्मा स्थानान्तरित होती है

पिछले प्रयोगों में आपने देखा है कि उष्मा ठोसो, पदार्थो, द्रवों और गैसों से, स्थानान्तरित हो सकती है। इसके अतिरिक्त, उष्मा तरंग-गति के द्वारा और निर्वात के पार भी *स्थानान्तरित हो सकती है । इसे विकिरण* (रेडिएशन) कहते है। उष्मा विकिरण द्वारा लगभग तत्काल ही स्थानान्तरित हो जाती है। इस प्रयोग से विकिरण के बारे मे कुछ रोचक बातो का पता चलेगा। अपने हाथ को बिजली की (बुझी हुई) बत्ती के नीचे रखिए। हथेली ऊपर रहे। बिजली चालू कर दीजिए। क्या आप बिजली को लगभग चालू करते ही उष्मा का अनुभव करते हैं ? उष्मा आपके हाथ तक संवहन द्वारा तो पहुंची नही, क्योंकि हवा बहुत ही निकृष्ट चालक होती है। फिर, संनयन से भी उष्मा आपके हाथ तक नही पहुंचती क्योंकि यह आपके हाथ से उष्मा को ऊपर ले जाएगा। वस्तुत: उष्मा बहुत छोटी तरंगों द्वारा आपके हाथो तक लाई गई है । विकिरण उष्मा को उत्पत्ति-स्थल से बहन करके प्रत्येक दिशा में ले जाता है।

16. विकीर्ण उष्मा-तरंगों को एक संगम (फोकस) पर लाया जा सकता है

किसी प्रवर्धक लैन्स को धूप में रखिए और

चीनी (पतले) कागज की एक गोली बना कर उसके एक बिन्दु पर धूप का फोकस डालिए (कागज का रंग काला हो तो अच्छा होगा)। आप देखेंगे कि सगमित उष्मा-किरणों के कारण कागज जल उठता है।

17. विकीर्ण उष्मा-तरंगों को परावर्तित (रिफलेक्ट) किया जा सकता है

ऊपर के प्रयोग में प्रवर्धक लैन्स और चीनी कागज के बीच की दूरी नाप लीजिए। लैन्स से लगभग इसकी आधी दूरी पर एक तिरछा दर्पण रखिए। अपने हाथ से दर्पण के ऊपर इधर-उधर अनुभव करके देखिए कि उष्मा-तरंगें कहां एकत्रित हुई है। उस बिन्दु पर एक चीनी (पतला) कागज मरोड़ कर रखिए और देखिए कि उसमे आग लगती है या नही।

18. विभिन्न प्रकार के तलों का विकिरण पर प्रभाव पड़ता है

एक ही नाप के तीन डिब्बे लीजिए। एक को बाहर और भीतर सफेद रग दीजिए और दूसरे को काला। तीसरे को चमकदार ही रहने दीजिए। तीनों में साधारण गरम पानी भर दीजिए। तीनों का ताप एक ही रहे। ताप को लिख लीजिए। प्रत्येक के मुह के ऊपर गत्ते का ढक्कन रख दीजिए, डिब्बों को बड़ी ट्रे पर रखिए और तब उन्हे किसी ठण्डी जगह मे रख छोड़िए। पाच-पाच मिनट पर प्रत्येक डिब्बे के पानी का ताप लिखिए। ठण्डा होने की दर मे क्या कोई अन्तर है? कौन-सा तल उष्मा का सबसे अच्छा विकिरक है? सबसे निकृष्ट कौन-सा है?

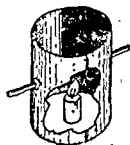
फिर तीनों डिब्बों में बहुत ठण्डा पानी भरिए, ताप लिखिए, प्रत्येक को ढक दीजिए और सबको किसी गरम स्थान या धूप में रख दीजिए। पानी के ताप को पाच-पांच मिनट पर नाप कर लिखिए। कौन-सा तल उष्मा का सबसे अच्छा शोषण करता है? कौन-सा तल सबसे कम शोषण करता है?

19. यह दिखाने की दूसरी रीति कि विभिन्न तल विकिरण पर प्रभाव डालते हैं

टीन के एक बेलनाकार डिब्बे की दीवार में एक-दूसरे के सम्मुख दो ऊर्ध्वाधर झिरी काटिए ताकि डिब्बे का तल दो भागों में बट जाए। एक भाग के भीतरी तल को काला कर दीजिए और दूसरे को चमकीला ही रहने दीजिए। डिब्बे के भीतर एक जलती मोमबत्ती रख दीजिए। यह डिब्बे के ठीक बीच में रहे।

डिब्बे के दोनो भागों के बाहरी तलो के ताप का अन्तर अगुलियों की सहायता से जाना जा सकता है।

यदि बाहर से दियासलाई की सीकों को मोम से चिपका दिया जाए तो वे सूचक का काम कर देंगी, काले तल की पीठ पर चिपकाई गई सलाई सबसे पहले गिरेगी।

इसके लिए एक दूसरा प्रयोग भी किया जा सकता है। (गरम की गई) तार की जाली की कुण्डली से उष्मा-विकिरक और चमकीला तथा काला किए गए तापमापी से विकिरण परिचायक बनाया जाए।

20. उष्मा की क्षति को कैसे कम किया जाए

(विदेश में, जहां जाड़ा अधिक पड़ता है, मकानों को गरम रखने के लिए कोयला जलाया जाता है। संवहन आदि द्वारा जितनी भी उष्मा बाहर निकल जाती है उसे उष्मा की क्षति कहते हैं।) टीन के एक ही नाप के चार बड़े डिब्बे लीजिए और एक ही नाप के चार छोटे डिब्बे भी। तीन छोटे डिब्बों में से प्रत्येक को एक बड़े डिब्बे में रखिए और छोटे डिब्बे

के नीचे और चारों ओर विसंवाही सामग्री ठूंस दीजिए—एक में समाचारपत्र के कतरे, दूसरे में लकड़ी का बुरादा (सा डस्ट) और तीसरे मे काग का चूरा (या कोई भी विसंवाही पदार्थ जो सुगमता से उपलब्ध हो सके, जैसे ऊन)। चौथे वड़े डिब्बे के भीतर छोटे डिब्बे को दो (या तीन) कागों पर रखिए। प्रत्येक डिब्बे का मुह बन्द करने के लिए गत्ते का ढक्कन बना लीजिए। प्रत्येक ढक्कन में तापमापी के लिए एक छेद रहे। फिर प्रत्येक छोटे डिब्बे में लगभग खौलता हुआ पानी डालिए। प्रत्येक में पानी की गहराई एक ही रहे। प्रत्येक डिब्बे के पानी के ताप को लिखिए। प्रत्येक डिब्बे के पानी के ताप को पाच-पाच मिनट पर लिखिए और देखिए कि सबसे अच्छा विसंवाही पदार्थ कौन-सा है। जिस डिब्बे का पानी सबसे धीरे-धीरे ठण्डा होगा उसी का विसंवाही पदार्थ सर्वोत्तम है।

घ. पिघलना और उबलना

1. यह देखना कि द्रव कैसे खौलता है

पाइरेक्स कांच का बना हुआ एक काफी बडा बीकर अथवा धातु का कनस्तर (या बाल्टी या बटलोई) लीजिए। इसको ठण्डे पानी से लभभग पूरा भर दीजिए और आंच पर चढ़ा दीजिए। जब तक वह खौलने न लगे उसे आच पर रहने दीजिए। आप देखेंगे कि पहले पानी मे घुली हुई हवा के बुलबुले ऊपर उठ कर ऊपरी तल तक आते हैं। जब पानी लगभग क्वथनाक पर आ जाता है तब भाप के बुलबुले बनते हैं और तुरन्त ही नष्ट हो जाते हैं (इसी समय पानी सनसनाने लगता है)। पानी जब उबलने लगता है तब पेंदी पर भाप के बुलबुले बनते हैं और फूटने के पहले ऊपरी तल तक आ जाते हैं।

2. कागज में पानी उबालना

थोड़ा चिकना कागज लीजिए (जो पानी में गल न जाए) : चीजों को लपेटने का कागज़ हो या लिखने का—किसी से भी काम चल जाएगा। इससे 25 सेंटीमीटर वर्ग की एक कड़ाही बनाइए। इसके लिए कोनों को मोड़ कर उनमें पिन लगा दीजिए। इस कड़ाही को पानी से आधा भर दीजिए और ज्वालक (किसी भी ज्वाला) पर रख दीजिए। बिना कागज़ को जलाए भी आप पानी को उबाल सकते हैं। कागज ज्वाला की गरमी को संवहन द्वारा पानी तक पहुंचा देता है। स्वयं नहीं जलता क्योंकि इसके जलने का ताप पानी के क्वथनांक (100° सेंटीग्रेड अथवा 212° फा०) से ऊंचा है।

3. ठण्डक से पानी खौलाना

फ्लास्क मे ठोस रबड़ की डाट कस कर लगाइए। डाट को हटा कर फ्लास्क को आधी से कुछ अधिक दूर तक साधारण गरम पानी मे भर दीजिए ज्वाला पर रख कर पानी को उबालिए। जब पानी उबलने लगे तो (फ्लास्क को ज्वाला से उठा कर तुरन्त) उसमें डाट कस दीजिए और उसे बाल्टी या सिंक के ऊपर औंधा रख दीजिए। फ्लास्क पर ठण्डा पानी उंडेलिए। फ्लास्क के भीतर का पानी फिर से उबलने लगता है। फ्लास्क पर बर्फ का एक टुकड़ा रख दीजिए। ठण्डा करने से पानी के ऊपर की भाप संघनित हो जाती है और पानी के ऊपर दाब कम हो जाती है। जब दाब कम हो जाती है तो पानी कुछ कम ताप पर उबलता है। यही कारण है कि ऊंचे पहाड़ों पर रसोई पकने में इतना अधिक समय लगता है।

4. वाष्पन करते समय द्रव उष्मा को सोखते हैं

पृष्ठ 185-86 के प्रयोग ख-2 में बताए गए वायु-तापमापी की तरह एक तापमापी को यथास्थान लगाइए। तापमापी के बल्ब पर थोड़ा-सा मेथिलेटेड स्पिरिट डाल दीजिए। आप क्या देखते हैं ? स्पिरिट का वाष्पन करने के लिए उष्मा कहां से आई। इसी प्रकार कार्बन टेट्राक्लोराइड की परीक्षा करिए तथा ईथर की परीक्षा करिए।

5. त्वरित वाष्पन द्वारा पानी जमाना

चाकू से काट कर किसी नरम लकड़ी में एक कम

गहरा गड्डा बनाइए । साइकिल पम्प के रबड़ में कांच-नलिका की टोंटी लगा दीजिए । लकड़ी मे बनाए गए गड्ढे में जरा-सा पानी डाल दीजिए और उस पानी में टीन का डिब्बा रख दीजिए । इस डिब्बे में थोड़ा ईथर डाल दीजिए और पम्प से इसमें वायु भरिए । वाष्पित होते समय ईथर पानी से उष्मा का शोषण करता है और पानी के बर्फ हो जाने के कारण डिब्बा शीघ्र ही लकड़ी में चिपक जाता है ।

6. उष्मा ठोस पदार्थों को द्रवों में किस प्रकार परिणत करती है

सीसा, टाका (सीसे और रांगे का मिश्रण), हिम (बर्फ), मुहर करने की लाख, मोमबत्ती का मोम, इत्यादि पदार्थों के नमूनों को अलग-अलग ऐसे बरतनों में रखिए जो गरम किए जा सकें । टीन के छोटे डिब्बे या उनके ढक्कनों से काम लिया जा सकता है । इन सबसे प्रयोग करिए और देखिए कि इन सबको पिघलाने के लिए उष्मा की जितनी सापेक्षिक मात्रा आवश्यक है, उसके बारे में आपको कितनी जानकारी प्राप्त है ।

7. बर्फ और नमक की सहायता से पानी जमाना

कुछ बर्फ को तोड़ कर उसके छोटे-छोटे टुकड़े करिए और बड़े डिब्बे की पेंदी में उसकी एक तह बिछा दीजिए । इसको पिसे नमक से ढक दीजिए और तब फिर बर्फ और नमक की एक तह बनाइए । एक छोटे डिब्बे में पानी डाल कर और उसका मुह अच्छी तरह बन्द करके उसे बड़े डिब्बे में रख दीजिए । तब बड़े डिब्बे में बर्फ और नमक की तहें जमाइए, यहा तक कि वह पूरा भर जाए (बड़े डिब्बे पर कम्बल लपेट देना अच्छा रहेगा) । छोटे डिब्बे के पानी के जमने में जितना समय लगता है उसे लिख लीजिए । इसकी तुलना उस समय से करिए जो बड़े बरतन में केवल बर्फ डाल कर उतने ही पानी को जमाने में लगता है ।

8. जमते समय पानी फैलता है

धातु का एक छोटा डिब्बा लीजिए, जिसका ढक्कन पेंचदार हो । डिब्बे को पानी से लबालब भरिए और तब ढक्कन को इस प्रकार कस दीजिए कि भीतर हवा न रहे । इस डिब्बे को बर्फ और नमक के मिश्रण में दबा दीजिए और जब तक पानी जमे नहीं, उसे वैसे ही रहने दीजिए । आपको कुछ रोचक परिणाम प्राप्त होंगे ।

9. जब ठोस पदार्थ पिघलते हैं तो उष्मा का शोषण होता है

एक छोटे बरतन में बर्फ के छोटे टुकड़े रखिए और तापमापी से उसका ताप देखिए । इस बरतन को ज्वाला के ऊपर रखिए और जब तक सब बर्फ न गल जाए ताप को नापते रहिए । ताप कब बढ़ना आरम्भ करता है ? कुछ समय तक ताप बढ़ा क्यों नही ? उस समय की उष्मा की ऊर्जा का क्या हुआ ?

10. दाब से बर्फ का पिघलना और फिर से जमना

दाब से बर्फ का हिमांक (फ्रीजिंग प्वाइंट) नीचा या कम हो जाता है । यही कारण है कि बर्फ पर स्केट इतनी सुगमता से चलता है । बर्फ का एक घनाकार टुकड़ा या टूटी बर्फ प्रत्येक हाथ में लीजिए । नीचे कागज बिछा कर दोनो टुकड़ों को परस्पर दबाइए । क्या दाब की सहायता से आप बर्फ से पानी निचोड़ सकते है ? बर्फ के दो घनाकार टुकड़ों को एक-दूसरे पर बलपूर्वक दबाइए और तब दबाना छोड़ दीजिए (या बर्फ के चूरे से लड्डू बांधने की चेष्टा करिए) । बर्फ के घनों को अलग करने की चेष्टा करिए । जब आप दबाना छोड़ते हैं तो पानी फिर से जम जाता है और इसलिए बर्फ के घन जम जाते है । प्रशीतक (रेफ्रिजरेटर) में जब पानी जमाया जाता है तब बर्फ घनाकार टुकड़ों में निकलती है ।

11. डिब्बे की सहायता से भाप की गुप्त उष्मा को नापना

डिब्बे में रखे 100 ग्राम पानी को कोई ज्वाला किस दर से उष्मा पहुंचाती है, इसका

पता निश्चित समयों पर पानी के ताप को नाप कर और उसका समय-ताप रेखाचित्र (ग्राफ) खींच कर लगाया जा सकता है ।

जब पानी खौलने लगता है तो ताप आगे नहीं बढता, परन्तु उष्मा पहुंचने की दर पहले जैसी ही रहती है । यदि जितना पानी उबलने के पहले वाष्प बन कर उड़ जाता है, उसकी गणना न की जाए तो 100 ग्राम पानी को पूर्णतया उबाल डालने के लिए (अर्थात् यहां तक कि डिब्बे का पेंदा खाली हो जाए) जितनी उष्मा आवश्यक है, उसका नाप उस समय द्वारा किया जा सकता है जो पानी को खौला कर उड़ा देने में लगता है ।

12. खोखले ठोस की सहायता से गुप्त उष्मा की प्राप्ति

वाष्प की गुप्त उष्मा ज्ञात करने की एक दूसरी रीति यह है कि धातु के बने किसी भारी खोखले बरतन से काम लिया जाए । साधारण अनुमान के लिए चाय-पात्र (टी-पाट) का इस्तेमाल किया जा सकता है ।

जब चाय-पात्र में केतली से भाप प्रवाहित की जाती है तब उस बरतन में संघनित जल की मात्रा चाय के बरतन की उष्मा-समाई पर निर्भर होती है (जिस बरतन में चाय तैयार की जाती है उसे टी-पाट कहते हैं, यह साधारण चीनी मिट्टी का होता है । जिस बरतन में चाय बनाने के लिए पानी उबालते हैं उसे केतली — अंग्रेजी में केटल— कहते हैं । भारत मे लोग बहुधा टी-पाट को ही केतली कहते हैं परन्तु यह प्रयोग ठीक नही) ।

यदि मोटे दल के पीतल के बेलन, जैसा गाड़ियों की धुरी पर लगता है, से काम लेना हो तो उसमें एक डाट लगानी चाहिए और डाट में भाप के आने-जाने के लिए नलिकाएं । जब इस उपकरण में भाप प्रवाहित की जाती है तो कुछ समय के बाद ही भाप बाहर निकल पाती है । इसका कारण यह है कि उतने समय तक भाप भीतर की ठण्डी धातु में संघनित होती रहती है । जब कुछ मिनटों तक भाप निकल चुके तो यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि धातु का ताप 100° सेंटीग्रेड हो गया है । तब भाप का आना बन्द कर देना चाहिए । भीतर जितना पानी संघनित हुआ है, उसको मापी से नाप लेना चाहिए और इस प्रकार उसका द्रव्यमान ज्ञात कर लेना चाहिए । धातु की विशिष्ट उष्मा, द्रव्यमान और प्रारम्भिक ताप जान कर गणना की जा सकती है कि भाप को संघनित करने मे धातु ने कितनी उष्मा का शोषण किया ।

13. हिम की गुप्त उष्मा

हिम की गुप्त उष्मा का एक स्थूल मान यह नाप कर ज्ञात किया जा सकता है कि जब बर्फ के कतरों में (या चूरे मे) कोई तप्त ठोस पदार्थ गाड दिया जाता है तब कितनी बर्फ पिघलती है ।

ठोस पदार्थ की विशिष्ट उष्मा ज्ञात कर लीजिए । उसे तोलिए और खौलते पानी मे तागे से लटका कर उसका ताप 100° सेंटीग्रेड कर दीजिए । तब इस कीप मे रखे बर्फ का चूरा चटपट डाल दीजिए और पिघल कर निकले हुए पानी को परीक्षण-नलिका अथवा मापनी में एकत्रित करिए ।

गणना करिए कि 0° सेंटीग्रेड तक ठण्डा होने में धातु मे कितनी उष्मा निकली होगी ।

इस उपकरण से विविध पदार्थों की विशिष्ट उष्माओ की विभिन्नताएं दिखाई जा सकती हैं । प्रत्येक मामले में प्राप्त जल के आयतनों की सहायता से विशिष्ट उष्माओं की तुलना की जा सकती है ।

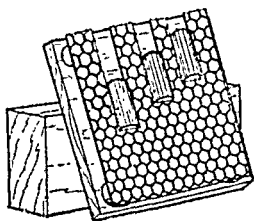
14. चाय-पात्र द्वारा विशिष्ट उष्मा देखना

चाय-पात्र को तोल लीजिए । जब उसका ताप कमरे के ताप पर आ जाए तब उसमें खौलता हुआ पानी डालिए । पानी का ताप घट कर लगभग 96° सेंटीग्रेड पर स्थिर हो जाएगा । जब पानी कुछ ठण्डा हो जाए तो नाप लीजिए कि कितना गरम पानी डाला गया था । इसके लिए मापक बेलन (मैयरिंग सिलिण्डर) का

उपयोग करिए । इससे पानी का द्रव्यमान ज्ञात हो जाएगा । यह मान कर कि उसका आसपास की वस्तुओं मे व्यय नहीं होता है, चाय-पात्र में रखी गई वस्तु की विशिष्ट उष्मा को नापा जा सकता है ।

विशिष्ट उष्मा के अध्ययन के लिए यह प्रयोग प्रारम्भिक पाठ-मात्र है । चाय-पात्र बनाने में जिन-जिन विविध पदार्थों का उपयोग होता है, उनके गुणों की जांच भी इस प्रयोग द्वारा की जा सकती है ।

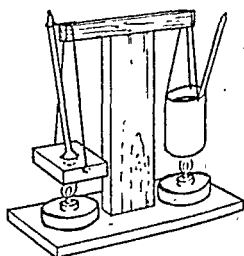
15. विशिष्ट उष्माओं की तुलना

विविध धातुओं की विशिष्ट उष्माओं की तुलना के लिए हर एक धातु का एक बेलन बना लीजिए । सबके द्रव्यमान समान रहें । उनको खौलते पानी में डाल कर गरम करिए, तब उन्हें एक नत समतल पर रखिए जो लगभग ऊर्ध्वाधर रहे । यह समतल लकड़ी का बना रहना चाहिए और उसके ऊपर मधुमक्खी वाले मोम की जाली (सेलफार्मर) बंधी होनी चाहिए, परन्तु जाली लकड़ी से कागा द्वारा सटी रहनी चाहिए । (जाली, सेलफार्मर, मधुमक्खी-पालन के लिए विदेशों में बिकती है परन्तु भारत में इसका मिलना कठिन है) । इसके बदले मोम की पतली चादर का उपयोग किया जा सकता है, जिसे गरम पानी पर पिघला मोम डाल कर और दोनों को ठण्डा करके बनाया जा सकता है । बेलन समतल पर फिसल कर मोम को पिघलाते हुए नीचे आएंगे । धातु की विशिष्ट उष्मा जितनी अधिक होगी उनके मार्ग भी उतने ही अधिक लम्बे होंगे ।

16. विशिष्ट उष्मा में अन्तर

धातु का एक टुकड़ा (जैसे 100 ग्राम लोहा) और एक डिब्बा लीजिए, जिसमें 100 ग्राम पानी हो । नीचे के चित्र के अनुसार दोनों को एक ही प्रकार के स्पिरिट लैम्पों के ऊपर लटका दीजिए (छोटे ज्वालक से भी काम चल सकता है) ।

लोहे में एक छेद कर दें ताकि उसमें एक तापमापी का बल्ब ढीला रह कर जा सके। पानी के डिब्बे में भी एक तापमापी रखना होगा । इससे पानी चलाया भी जा सकेगा।

मान लीजिए कि स्पिरिट लैम्पों से एक ही दर से उष्मा पहुंच रही है । पूर्वोक्त वस्तुओं को गरम करने के लिए उन दोनों को बराबर समय तक ही इस्तेमाल किया जाता है । जब लोहे में रखा तापमापी 80° ताप बताए तभी दोनों लैम्पों को हटा देना चाहिए, क्योंकि उसके बाद भी ताप बढ़ता जाएगा और सम्भवतः 100° तक चला जाएगा । दोनों के तापों में आप जो आश्चर्यजनक अन्तर पाते हैं, उससे विशिष्ट तापो का अन्तर सुस्पष्ट हो जाता है ।

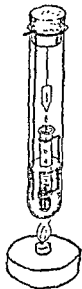
17. विशिष्ट उष्मा—खोखले ठोस पदार्थ

खोखले ठोस पदार्थ, जैसे पीतल की बनी हुई पुरी की खोखली टोपी (रिवमन कैप) या गाड़ी

को जोड़ने के खोल (साकेट) अथवा लोटा या लुटिया, से भी चाय-पात्र वाले प्रयोग के सदृश उष्मा सम्बन्धी प्रयोग किए जा सकते हैं। इन वस्तुओं पर ऊनी कपड़ा लपेट देने से उष्मा की क्षति को कम किया जा सकता है। कार्यविधि पहले के ही समान है। इनमें उबलता पानी छोड़ा जाता है। अन्तिम स्थिर ताप चाय-पात्र वाले ताप से बहुत कम होगा।

यदि पीतल की वस्तु तौल में 100 ग्राम हो तो अन्तिम ताप 60° सेंटीग्रेड के आसपास हो सकता है।

18. सरल गुप्त उष्मा कैलारीमापी

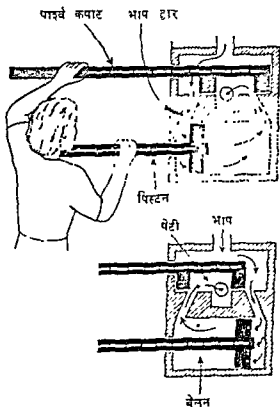
इस उपकरण में टेट्राक्लोरेथिलीन की वाष्प को, जिसकी गुप्त उष्मा बहुत कम होती है, एक ठोस पदार्थ पर, जैसे तांबे या अलमीनियम पर, संघनित (कण्डेंस) होने दिया जाता है। यह ठोस पदार्थ उपकरण के भीतर लटका रहता है। जितना द्रव बनता है, उसे छोटी-सी अशांकित (ग्रैजुएटेड) परीक्षण-नलिका में एकत्र किया जाता है। जब संघनन बन्द हो जाता है, अर्थात् जब धातु का ताप वाष्प के ताप के बराबर हो जाता है, तब एकत्र द्रव को नाप लिया जाता है।

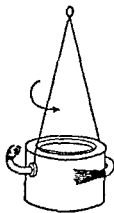
बड़ी परीक्षण-नलिका लगभग 20 सेंटीमीटर लम्बी और 4 सेंटीमीटर व्यास की हो। अशांकित नलिका ऐस्पिरिन या अन्य टिकियां रखने वाली नलिका होती है और उसे तार के पिंजड़े में रखा जाता है (ताकि उसे सुगमता से निकाला जा सके)। ठोस पदार्थ को पेंदी की ओर नुकीला बनाया जाता है ताकि द्रव सुगमता से टपक सके।

ङ. उष्माचालित इंजिन

1. भाप की दाब

धातु का एक छोटा डिब्बा लीजिए, जिसका ढक्कन घर्षण से ही बैठे। पेंचयुक्त ढक्कन वाला डिब्बा न लीजिए। डिब्बे की पेंदी में थोड़ा पानी रख दीजिए। ढक्कन को कसा हुआ बैठा कर डिब्बे को ज्वाला पर रख दीजिए और दूर हट जाइए। थोड़ी देर में ही आप भाप का प्रसारण-बल देखेंगे।

2. वाष्प इंजिन का कार्य-सिद्धान्त

सामने दिखाए गए चित्र की तरह एक चित्र श्यामपट्ट पर बनाइए। यह चित्र लगभग 60 सेंटीमीटर के वर्ग में हो। कड़े गत्ते से दिखाई गई आकृति का पिस्टन और पार्श्व-कपाट (साइड वाल्व) काट लीजिए। छात्रों से कहिए कि वे इन पुर्जों को चित्र पर यथास्थान रखें ताकि उन्हें ज्ञात हो जाए कि इंजिन चलते समय पिस्टन और पार्श्व-कपाट की क्या स्थिति रहती है।

3. ऐतिहासिक वाष्प-खिलौना बनाना

मिस्र देश के प्राचीन नगर अलेक्जैण्ड्रिया के एक वैज्ञानिक, हीरो, ने एक वाष्पचालित खिलौना बनाया था, जिसका नाम वात-गोलक रखा था। नीचे यह बताया गया है कि इस खिलौने की प्रतिकृति कैसे बनाई जाए। टीन का एक ऐसा डिब्बा लीजिए जिसका ढक्कन घर्षण से कसा जाता हो और जिसमें एक बोतल या आधा लिटर पानी आ सके। डिब्बे की दीवार में आमने-सामने दो छेद कर दीजिए, जो इतने बड़े हों कि उनमें एक छेद वाली छोटी डाटें लगाई जा सकें। चित्र में दिखाई गई रीति से दो कांच-नलिकाओं को मोड़िए। इन नलिकाओं को तप्त करके खींच कर सिरों पर चंचु (जेट) बना दीजिए। इनको पूर्वोक्त डाटों में इस प्रकार डाल दीजिए कि चंचु बाहर रहें और उनकी दिशाएं एक-दूसरे से विपरीत हों। कागों में एक मजबूत डोर बांध दीजिए और डिब्बे को चेन अथवा घूम सकने वाली फिरकी पर लटका दीजिए। डिब्बे में लगभग 3 सेंटीमीटर की गहराई तक पानी डाल दीजिए, ढक्कन कस कर लगा दीजिए और नीचे आंच लगा दीजिए।

4. वाष्प टरबाइन (चक्की) की प्रतिकृति बनाना

टरबाइन की प्रतिकृति टीन के डिब्बे के ऊपर पंखदार चक्की लगा कर बनाई जा सकती है। इस चक्की को बनाने के लिए टीन का एक गोल टुकड़ा लीजिए और उसकी त्रिज्याओं में झिरियां काटिए और तब जो फल बनें उनको एक ओर मोड़ दीजिए।

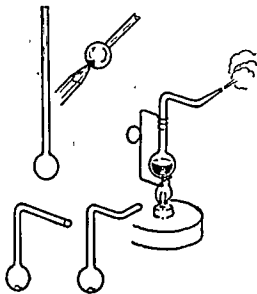
बुनने की एक छोटी सलाई (या मोटी सूई) से धुरी बनाई जा सकती है और धुरी का आधार टीन की पट्टी से बनाया जा सकता है। पट्टी को U अक्षर के आकार में मोड़ दिया जाता है और उसे डिब्बे के माथे पर टांके से झाल दिया जाता है।

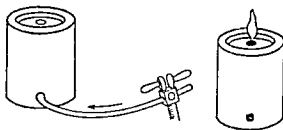
भाप की धारा के बाहर निकलने के लिए पंखों के नीचे एक छेद कर दिया जाता है।

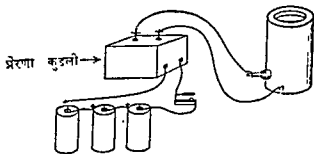
5. कांच से टरबाइन की प्रतिकृति बनाना

इस प्रतिकृति को बनाने के लिए कांच फूंकने का बहुत अधिक अनुभव होना आवश्यक नहीं है। साधारण कांच-नलिका के एक सिरे को ज्वाला में तप्त करके बन्द कर दीजिए और वहां फूंक कर लगभग 1.5 सेंटीमीटर व्यास की गेंद बनाइए।

गेंद की पेंदी को नरम करके उसमें एक पेंसिल दबा दीजिए। इससे वहां एक गड्ढा बन जाएगा जो टरबाइन के निचले धारक (बेयरिंग) का काम करेगा। नलिका के ऊपरी भाग को 90 डिग्री पर मोड़ दीजिए, तब इसके सिरे को खींच कर चंचु (जेट) बना दीजिए और नलिका

को पानी से अच्छी तरह भर दीजिए। इसके लिए गेंद को गरम करिए और खुले सिरे को किसी बरतन में रखे पानी के तल के नीचे डुबा दीजिए। चित्र में दिखाई गई रीति से तार की एक आकृति बनाइए, जो आधार का काम कर सके।

6. विस्फोट करती हुई गैस का बल दिखाना

धातु का एक डिब्बा लीजिए, जिसका ढक्कन घर्षण से बन्द होता हो। डिब्बे में एक या दो लिटर पानी आ जाना चाहिए। ढक्कन के बीचोंबीच लगभग आधे सेंटीमीटर व्यास का एक छेद करिए। डिब्बे की दीवार में, पेंदी के पास, एक दूसरा छेद करिए, जिसका व्यास लगभग 2 सेंटीमीटर हो। ढक्कन को अच्छी तरह बैठा दीजिए। जलने वाली गैस की टोंटी खोल दीजिए। जब डिब्बा गैस से भर उठे और उसके ऊपर वाले छेद से गैस निकलने लगे तो गैस का आना बन्द कर दीजिए। गैस के निकलने का पता आप को गैस की गन्ध से चल जाएगा। नलिका हटा दीजिए और ऊपरी छेद के पास गैस को जला दीजिए। फिर स्वयं दूर हट जाइए और परिणाम की प्रतीक्षा करिए। ज्वाला यदि मिट गई-सी भी जान पड़े तब भी डिब्बे के पास मत जाइए। जब गैस ऊपर जलती है तो नीचे के छेद से क्या चीज घुसती है? मिश्रण कब विस्फोटक हो गया? (मिश्रण में कितनी गैस और कितनी हवा रही होगी?)

7. इंजिन में पेट्रोल-वाष्प का विस्फोट कैसे कराया जाता है

इस प्रयोग के लिए आपको धातु के एक लिटर के डिब्बे की आवश्यकता होगी, जिसमें ढक्कन घर्षण से बैठता हो। पेंदी के पास एक छेद करिए, जिसमें मोटरकार का साधारण स्फुलिंग प्लग कस कर लगाया जा सके। दूसरी तरफ बगल में पेंदी के पास कील से एक छोटा छेद करिए। एक प्रेरण-कुण्डली (इण्डक्शन कॉयल) की भी आवश्यकता पड़ेगी, जिससे उच्च वोल्टता मिल सके। प्रेरण-कुण्डली के पूर्ववर्तियों (प्राइमरी) के सिरों को तीन या चार सेलों की सूखी बैटरी से सम्बद्ध करिए। परवर्ती के एक सिरे को स्फुलिंग प्लग के ऊपर लगाइए और दूसरे को डिब्बे के छोटे छेद में। डिब्बे में पेट्रोल की लगभग दस बूंदें डालिए। ढक्कन को कस कर बन्द करिए और प्रेरण-कुण्डली के पूर्ववर्ती वाले स्विच को बन्द करिए (अर्थात् बिजली चालू करिए)।

8. अग्नि-उत्पादक पिचकारी कैसे बनाई जाए

अग्नि-उत्पादक पिचकारी में जलाने के लिए लोग साधारणतः ऐमैडू का नाम लेते हैं,

जो एक प्रकार की फफूंदी को सुखा कर बनाया जाता है, परन्तु जब तक वह बहुत सूखा नहीं रहता वह जलना नहीं। यदि रूई को कार्बन डाइ-सल्फाइड में तर कर लिया जाए और उसमें नाम-मात्र को फास्फोरस भी डाल दिया जाए तो संपीडन करके तापों को बनाने पर वह सुगमता से जल उठेगी।

यदि कांच की पिचकारी ली जाए तो अधिक अच्छा होगा। कड़े कांच की दाहक नलिका का एक टुकड़ा लीजिए और उसमें एक अच्छा-सा पिस्टन लगाइए (साइकिल के पिस्टन से भी काम चलाया जा सकता है)। खुले सिरे में रूई भरिए और उसे काग से बन्द कर दीजिए। उपकरण को बेंच या मेज़ पर रख कर पिस्टन को एकाएक नीचे लाइए और तब रूई के जल जाने के कारण नीली चमक दिखाई पड़ेगी।

लोहे की पाइप में एक झिरी काट कर उसे सुरक्षा आवरण के रूप में प्रयुक्त किया जा सकता है परन्तु यह प्रयोग सामान्यतः खतरे वाला नहीं है।

अध्याय—14

चुंबकत्व के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

1. प्राकृतिक चुंबक

चुबकीय लौह धातु संसार के कई भागों मे पाई जाती है । यदि आप पास-पड़ोस से कोई धातु न ले सकें तो आप इसे किसी वैज्ञानिक सामग्री के विक्रेता से थोड़े दामों में ही खरीद सकत हैं । इस प्रकार की लौह धातु का एक टुकड़ा लाइए । यह प्राकृतिक चुंबक होता है । सफेद कागज पर थोड़ी-सी लौह रेतन (फाइलिंग) या इस्पात के घूए (वूल) की महीन कतरन बिछा दीजिए और देखिए कि धातु उसको किस प्रकार अपनी ओर खींचती है । लोहे की कुछ भारी वस्तुओं को भी उठाने की चेष्टा करिए, जैसे कागज पर लगाने वाले क्लिप या छोटी कीले । धातु को दिक्सूचक यन्त्र के पास लाइए और परिणाम देखिए । क्या धातु का हर एक भाग दिक्सूचक पर एक ही तरह का प्रभाव डालता है ?

2. कृत्रिम चुंबक बनाना

पुराने रेडियो के लाउडस्पीकरो, पुराने टेलीफोन के चोंगों और पुरानी मोटरकार के वेगमापियों की सहायता से चुंबकत्व के अध्ययन के लिए बलशाली और उपयोगी कृत्रिम चुंबक बनाए जा सकते हैं । चुंबक बहुधा बाजार या किसी भी वैज्ञानिक सामग्री बेचने वाले से खरीदे जा सकते हैं । कृत्रिम चुंबक कई आकृतियों के बनते है, जैसे घोड़े की नाल के रूप में, U अक्षर की आकृति मे या दण्ड-चुंबक के रूप में ।

3. इस्पात की छड़ को चुंबक बनाना

इस्पात की बनी हुई बुनने की सलाई, मोटी सूई, लोहे की कील, दीवार वाली घड़ी की कमानी या छोटी घड़ी की कमानी के एक टुकड़े को चुंबक बनाने के लिए चुवकीय लौह धातु के टुकड़े या अन्य चुवक का उपयोग करिए । सलाई इत्यादि को कई बार चुंबकीय पदार्थ से सहला देने से ही यह काम बन जाता है । यदि आप ऐसा दण्ड-चुवक बनाना चाहे जिसके सिरों पर विपरीत ध्रुव रहें तो किसी कृत्रिम चुवक का उपयोग करिए । बिना चुवकत्व वाले दण्ड के बीच से आरम्भ करिए और चुवक के एक सिरे को दण्ड से छुआते हुए दण्ड के दूसरे सिरे तक ले जाइए । इस प्रकार कई बार सहलाने के बाद दण्ड को घुमा दीजिए और बीच से आरम्भ करके दूसरे सिरे तक सहलाइए परन्तु इस बार चुवक के दूसरे ध्रुव का उपयोग करिए । अपने काम की जांच करने के लिए दण्ड से लोहे की रेतन उठाइए या उसे दिक्सूचक के पास ले जाइए ।

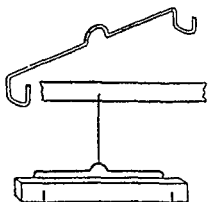
4. दण्ड-चुंबक बनाना

कड़े इस्पात के कुछ चपटे टुकड़े लीजिए । पुरानी लोहा-आरी के फल या दीवार की घड़ी की कमानी का लम्बा टुकड़ा भी ले सकते हैं । 15 सेंटीमीटर का टुकड़ा काटिए । फिर प्रयोग-3 में बताई गई रीति से प्रत्येक टुकड़े के विपरीत सिरों को किसी बलशाली चुंबक के विपरीत सिरों से सहलाइए । प्रत्येक दण्ड-चुंबक की जांच दिक्सूचक से करिए । दण्ड-चुवक के दोनो सिरो का प्रभाव दिक्सूचक पर उल्टा पड़ना चाहिए । कड़े इस्पात का चुंबक बनाना बहुत कठिन होना है । इस्पात के टुकड़े को मेज पर रखना चाहिए और चुंबक सहलाते समय इस्पात पर चुंबक के सिरे से आघात करना चाहिए ।

M14DPD/62—26

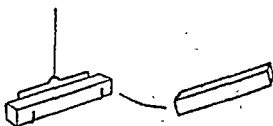
5. चुंबकत्व के अध्ययन के लिए घूर्णन बनाना

एक मोटा तार लीजिए। कोट-हैंगर का तार भी अच्छा सिद्ध होगा। इसे मोड़ कर चित्र में दिखाई गई आकृति का कर लीजिए। सिरों पर बने हुए हुकों के बीच की दूरी इतनी हो कि उस हुकदार कांटे में छोटा-से-छोटा दण्ड-चुंबक भी ठहर सके।

पालने को किसी सुविधाजनक हुक अथवा अन्य आधार से डोर द्वारा लटका दीजिए। पालने में एक दण्ड-चुंबक रख दीजिए और अन्य चुंबकों को इसके पास लाइए।

6. चुंबक में चुंबकत्व का संकेन्द्रण

एक कागज पर खूब सारी लौह रेतन उंडेल दीजिए। इस रेतन में एक दण्ड-चुंबक को उलटिए-पलटिए। देखिए कि अधिकांश रेतन दण्ड के सिरों के पास के बिन्दुओं में चिपकती है। चुंबक के वे (दो) स्थान, जहां चुंबकत्व संकेन्द्रित जान पड़ता है, चुंबकीय ध्रुव कहलाते हैं। अन्य आकृतियों के चुंबक लेकर, जैसे घोड़े की नाल का अथवा U की आकृति का चुंबक, इस प्रयोग को दोहराइए।

7. क्या चुंबक दूर से भी वस्तुओं को आकर्षित करते हैं

एक दण्ड-चुंबक को प्रयोग-6 में बताए गए हुकदार कांटे की तरह किसी कांटे में लटका दीजिए। लटके हुए चुंबक के पास एक दूसरा चुंबक लाइए और इस प्रयोग के आरम्भ में पूछे गए प्रश्न का उत्तर ढूंढ़िए।

8. क्या चुंबक के दोनों ध्रुव एक ही प्रकार के होते हैं

प्रयोग-7 की सामग्री का उपयोग करिए। लटकाए गए चुंबक के एक सिरे पर खड़िया से या कागज़ को चिपका कर चिह्न लगा दीजिए। अब किसी अन्य चुंबक के एक सिरे को लटके हुए चुंबक के चिह्न वाले सिरे के पास लाइए। फिर अपने हाथ के चुंबक को उलट कर उसके दूसरे सिरे को लटके हुए चुंबक के चिह्न वाले सिरे के पास लाइए। क्या दोनों का प्रभाव एक समान पड़ता है? *प्रथम दशा में आप क्रिया का* वर्णन कैसे करेंगे? दूसरी दशा में कैसे?

9. चुंबकत्व-नियम

प्रयोग-7 की सामग्री का फिर उपयोग करिए। चुंबकों की जांच दिक्सूचक की सुई से करिए। प्रत्येक चुंबक के उस सिरे पर चिह्न लगा दीजिए जो दिक्सूचक के उत्तरी सिरे को प्रतिकर्षित (रिपेल) करता है और दिक्सूचक के दक्षिणी सिरे को आकर्षित करता है। *जहां आपने चिह्न* लगाया है उन सिरों को चुंबक का उत्तरी ध्रुव कहते हैं। बिना चिह्न वाले सिरे दक्षिणी ध्रुव हैं। चुंबकों के दक्षिणी ध्रुव दिक्सूचक के दक्षिण *दिशा बताने वाले सिरे को प्रतिकर्षित और उत्तर* दिशा बताने वाले सिरे को आकर्षित करते हैं।

अब चिह्न लगाए हुए चुंबकों में से एक को घूर्णन में लटका दीजिए। एक दूसरे चुंबक का उत्तरी सिरा लटकाए हुए चुंबक के उत्तरी सिरे के पास लाइए। *आप आकर्षण देखते हैं या प्रतिकर्षण?* इसके बाद दोनों चुंबकों के दक्षिणी सिरों को पास लाइए। आप क्या देखते हैं? अपने हाथ के चुंबक के उत्तरी सिरे को लटकाए हुए चुंबक के दक्षिणी सिरे के पास लाइए। आप क्या

देखते हैं ? फिर दक्षिणी सिरे को लटकाए हुए चुंबक के उत्तरी सिरे के पास लाइए । आप क्या देखते हैं ? सजातीय (लाइक) और विजातीय (अनलाइक) चुंबकीय ध्रुवों के बारे में आप क्या बता सकते हैं ? यही चुंबकत्व का नियम है ।

10. सरल दिक्सूचक बनाना

इस्पात की पट्टी या घड़ी की कमानी के टुकड़े को चुंबक पत्थर अथवा किसी दूसरे चुंबक से सहला कर चुंबक बनाइए । इससे दिक्सूचक की सूई बनाने के लिए इसे एक यथा-सम्भव घर्षण-रहित आधार चाहिए । ऐसा आधार कई युक्तियों से बनाया जा सकता है। कांच-नलिका के एक छोटे टुकड़े के, जिसकी लम्बाई 2 सेंटीमीटर हो, एक सिरे को ज्वाला में तप्त करके बन्द करिए । इस प्रकार बनी परीक्षण-नलिका को एक पिन पर आरोपित करिए । पिन को पहले ही किसी काग या लकड़ी के टुकड़े के आर-पार डाल दीजिए । इस्पात की पट्टी को मुहर करने की लाख से नलिका पर चिपका दीजिए और उसको इस प्रकार बिठाइए कि वह स्वतन्त्रता से और बिना झटका खाए घूम सके ।

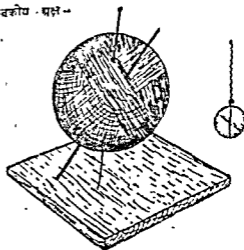
दिक्सूचक सूई को आरोपित करने की एक दूसरी रीति यह है कि कपड़ा-मढे पुराने बटन के भीतरी धातु वाले भाग का उपयोग किया जाए । इस भाग में दो उभरी पत्तियां निकली रहती हैं । बनाए हुए चुंबक को इन दोनों के बीच में डाल दीजिए और बगल वाली पत्तियों को मोड़ कर चुबक को फंसा दीजिए । फिर बटन के गोलाकार भाग को कांच के टुकड़े पर अथवा किसी अन्य चिकने तल पर रख दीजिए ।

11. चुंबकीय उत्तर निर्धारित करना

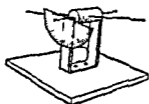
एक चपटा चौकोर काग लीजिए, जिसकी नाप 10 सेंटीमीटर × 3 सेंटीमीटर हो । चीनी मिट्टी की तश्तरी में रख कर काग को उस पानी पर तैरा दीजिए । लोहा आरी के फल अथवा इस्पात के किसी एक छोटे टुकड़े को चुंबकित करिए और उसे काग में इस प्रकार लगा दीजिए कि उसके दांत नीचे रहे और लम्बाई काग के अनुदिश रहे । जब वह ठीक लग जाए तो उसके दोनों ओर दो बड़ी पिनें लगा कर पिनों के ऊपरी सिरों के समानान्तर देखिए। (देख कर दिशा अंकित करिए) । पिनों की जड़ों को मिलाने वाली रेखा ही चुबकीय याम्योत्तर (मेरीडियन) है ।

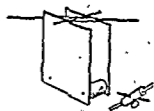
12. पृथ्वी का चुंबकत्व दिखाने के लिए प्रतिकृति बनाना

इस प्रतिकृति में पृथ्वी को निरूपित करने के लिए एक गेंद या किसी गोल फल की आवश्यकता पड़ेगी । इसे लकड़ी के एक ऐसे सीखचे के सहारे टिकाइए जो क्षितिज से तिरछे कोण में हो । यह सीखचा पृथ्वी का घूर्णन निरूपित करता है ।

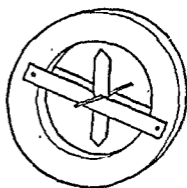
'पृथ्वी' के भीतर एक बुनने की सलाई को चुंबकित करके डाल दीजिए । यह सलाई पृथ्वी के चुंबकीय अक्ष को निरूपित करती है ।

बाह्य क्षेत्र की जांच के लिए एक छोटे दिक्सूचक का उपयोग करिए । इसे कुछ लोग फैशन के रूप में जेबी घड़ी के चेन में लटकाए रहते हैं ।

13. नमनमापी (डिप सर्किल) बनाना

एक काग में बुनने की एक सलाई इस प्रकार डालिए कि वह काग के सिरे के व्यास के समानान्तर हो जाए । इसे U आकृति की पीतल की पट्टी पर क्षैतिज स्थिति में सन्तुलित करिए । इस काम में धुरी के लिए पिनों से काम लीजिए । अब सलाई और काग को छुरी की धारों पर से (अर्थात् U आकृति के पीतल पर से) उठा लीजिए और काग जरा भी हटाए बिना सलाई को चुंबकित करिए । जब सलाई को फिर अपने आधारों पर रखा जाएगा तब एक सिरा पृथ्वी के चुंबकत्व क्षेत्र म नीचे खिंच जाएगा । नमन-कोण को चांदे से नापा जा सकता है ।

चुंबक के लिए आधार-स्थान बनाने की एक दूसरी रीति यह है कि साइकिल की वाल्व-नली का उपयोग किया जाए । इसमें एक पिन पार कर दी जाए और इसी पिन से आधार धुरी का काम लिया जाए । छुरी के धारों के लिए दो पोस्टकार्डों से काम लिया जा सकता है । इनके बीच में काग रख कर ड्राइंग पिन से उनको अपने-अपने स्थानों में टिका रखना चाहिए । तब नमन-स्थिति को पेंसिल से अंकित कर नापा जा सकता है ।

यदि धातु के विद्युत् संयोजक (कनेक्टर्स) मिल सकें तो उसमें ग्रामोफोन की सूइयों को टांके से जुड़वा कर अधिक स्थायी युक्ति बनाई जा सकती है ।

14. प्रदर्शन के लिए नमनमापी

गत्ते से एक वलय काटिए, जिसका बाहरी व्यास 50 सेंटीमीटर हो । एक व्यास के आर-पार दो पटरियां जड़िए । ये नमन-सूई के लिए आधार का काम करेंगी । कार्ड (कड़े कागज) से नमन-सूई की रूपरेखा बना कर उसकी प्रतिकृति काटिए और उसे पटरियों में कटे खांचों पर रख दीजिए ।

इस प्रकार की प्रतिकृति की सहायता से नमन-सूई की विविध त्रुटियों का भी विवेचन किया जा सकता है ।

15. *दिक्सूचक की सहायता से परीक्षण करना*

बहुत-सी वस्तुएं, जो लोहे या इस्पात की बनी रहती हैं, पृथ्वी के चुंबकत्व से चुंबकित हो जाती हैं । बाड़ बनाने वाले लोहे के गर्डरों, लोहे के पुलों आदि के दिक्सूचक से जांच करना काफी रोचक होता है । इन सबके दोनों सिरों की जांच करके यह देखिए कि उनमें चुंबकीय ध्रुव हैं या नहीं । लोहे की एक छड़ को भूमि में ठोंकिए और देखिए कि वह चुंबकित हो गई है या नहीं । इसकी जांच छड़ के ऊपरी सिरे पर और भूमि के पास करिए । पाठशाला के आसपास और घर की वस्तुओं की जांच दिक्सूचक से करिए ।

16. कौन-से पदार्थ चुंबकीय होते हैं ?

कागज, मोम, पीतल, जस्ता, लोहा, इस्पात, निकल (धातु), कांच, काग, रबड़, अलमीनियम, तांबा, सोना, चांदी, लकड़ी, रांगा, इत्यादि की बनी हुई विविध छोटी वस्तुओं को इकट्ठा करिए। उनको एक बक्स में रखिए और यह देखने के लिए कि चुंबक किन्हें आकर्षित करता है और किन्हें नहीं, प्रत्येक की जांच चुंबक से करिए।

17. छड़ को ठोंक कर चुंबकित करना

लोहे की एक छड़ लीजिए, जो एक मीटर लम्बी हो। पर्दा टांगने वाली लोहे की छड भी ले सकते हैं। दिक्सूचक से प्रत्येक सिरे की जांच करके देखिए कि वह चुंबकित तो नहीं है। छड को उत्तर-दक्षिण दिशा में और कुछ झुकी हुई स्थिति में पकड़िए। इस स्थिति में छड़ पर कई बार तीव्र चोट लगाइए और फिर दिक्सूचक से जांच करिए। छड़ को पूर्व-पश्चिम दिशा में पकड कर और उसके ऊपरी सिरे पर कई बार हथौड़े से चोट करके उसे बहुधा चुंबक-रहित किया जा सकता है।

18. बल-रेखाएं

पर्ती लकड़ी (प्लाईवुड) का एक टुकड़ा लीजिए, जिसमें एक परत की गहराई तक दो खांचे कटे रहें। चुंबकों और पदार्थों की बल-रेखाओं की आकृति का परीक्षण करते समय इसमें चुंबक आदि को रखा जा सकता है। इन 'लोहे की रेतन के नक्शों' को स्थायी भी किया जा सकता है। इसके लिए चुंबकों पर रखे गए कागज को पहले पिघली मोमबत्ती के पिघले हुए मोम में डुबा कर ठण्डा कर लेना चाहिए। इस कागज को, जिसका परीक्षण किया जाना हो, इस चुंबक या चुंबकों के ऊपर रखिए। 30 सेंटीमीटर

की ऊंचाई से उस पर लोहे की रेतन छिड़किए और कागज पर हल्के-हल्के आघात करिए। जो आकृति बने उसे बुन्सन ज्वालक की साधारण ज्वाला में गरम करके स्थायी करिए।

19. चुंबकीय बल-रेखा का चित्रण

रेखाएं आदि खींचने के लिए लोग अक्सर मोमी कागज वाली ही रीति अपनाते हैं, परन्तु इसके स्थान पर काली रेखाओं वाले कागज का भी, जो आजकल आम चलता है, उपयोग किया जा सकता है। आजकल आर्कीटेक्ट पुराने नील-छाप कागज के बदले उसी कागज का इस्तेमाल करते हैं। इस कागज का इस्तेमाल दिन के प्रकाश में भी किया जा सकता है।

चुंबक को कागज पर ठीक स्थिति में रखिए और लोहे की रेतन छिड़क कर अभीष्ट आकृति बनने दीजिए।

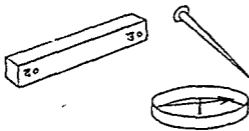
कागज को लौह रेतन सहित ही धूप अथवा दिन के चटक प्रकाश में 8 मिनट तक या छोटे चाप-दीप (आर्क लैम्प) के प्रकाश में 2 मिनट तक रखिए। लौह रेतन को झाड़ दीजिए और रूई को परिस्फुटक (डेवेलपर) से तर करके उसमें कागज को पोत दीजिए। इस प्रकार की बनी छापें धनात्मक होती हैं (अर्थात् जहां धूप लगी थी वहां कागज सफेद हो जाता है, जहां धूप नहीं लगी थी वहां कागज काला हो जाता है)। इस अभिलेख को चिरस्थायी करने के लिए कागज पर वार्निश भी की जा सकती है।

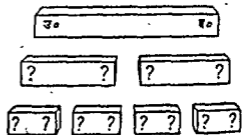
20. चुंबकीय बल-रेखाएं किन-किन पदार्थों से होकर पार जा सकती हैं ?

निम्नलिखित में से अधिक पदार्थों की चादरों के छोटे टुकड़े लाइए। लकड़ी, कांच, तांबा, पीतल, जस्ता, गत्ता, प्लास्टिक, सीसा, अलमीनियम, इत्यादि। इन चादरों पर एक ओर थोड़ी लौह रेतन रखिए और चादर के नीचे की ओर एक बलशाली चुंबक को इधर-उधर चलाइए। लौह रेतन को देखने से आप

बता सकते हैं कि चुंबकीय बल-रेखाएं किन-किन पदार्थों को पार कर सकती हैं।

21. चुंबकीय प्रेरणा (इण्डक्शन) की कार्य-विधि

दिक्सूचक से किसी बलशाली चुंबक की जांच करिए और उसके उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों को अंकित करिए। मेज़ पर एक दिक्सूचक रखिए और उसके पास लोहे के 15 सेंटीमीटर के कांटे (या नरम लोहे की छड़) के नुकीले सिरे को लाइए। इसके बाद परीक्षित चुंबक के उत्तर ध्रुव को कांटे के ऊपरी सिरे के पास लाइए, परन्तु दोनों को आपस में छूने मत दीजिए। कांटे के उस किनारे पर, जो दिक्सूचक के पास है, उत्तरी ध्रुव प्रेरित होता है या दक्षिणी ? कांटे के ऊपरी सिरे का ध्रुवत्व आपके अनुमान में किस प्रकार का होगा ? जांच करिए। फिर कांटे को पुरानी ही स्थिति में पकड़ कर अबकी बार परीक्षित चुंबक के दक्षिणी ध्रुव को कांटे के ऊपरी सिरे के पास लाइए। दिक्सूचक के पास वाले सिरे में उत्तरी ध्रुव प्ररित होता है या दक्षिणी ? कांटे के ऊपरी सिरे में कौन-सा ध्रुव है ?

22. चुंबक को तोड़ने पर क्या होता है ?

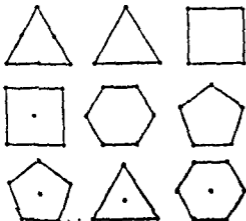
प्रयोग 3 में बताई गई रीति से दीवार घड़ी की कमानी या लोहा-आरी के फल से लगभग 25 सेंटीमीटर लम्बा एक टुकड़ा लीजिए और उसे चुंबकित करिए। दिक्सूचक से जांच करके यह निश्चित करिए कि उसके इस सिरे पर उत्तरी ध्रुव है और दूसरे पर दक्षिणी ध्रुव। इन ध्रुवों पर खड़िया से उ० और द० लिख दीजिए। दिक्सूचक से जांच करके पता लगाइए कि क्या इस चुंबक के मध्यबिन्दु पर भी कोई ध्रुव है ? एक गहुआ (प्लायर्स) लेकर इस लम्बे चुंबक को बीच से तोड़ कर उसके दो टुकड़े कर दीजिए। प्रत्येक लगभग 12.5 सेंटीमीटर का होगा। इन दोनों चुंबकों के प्रत्यक सिरे के चुंबकत्व की जांच करिए। आप क्या देखते हैं ? प्रत्येक टुकड़े के सिरों पर जांच के अनुसार उ० या द० लिखिए। अब इन दोनों चुंबकों को तोड़ कर चार टुकड़े कर दीजिए। प्रत्येक सिरे की जांच करिए और उन पर उ० या द० लिखिए। जहां तक सम्भव हो सके चुंबकों को तोड़ते रहिए। जिस प्रश्न का उत्तर पाने के लिए यह प्रयोग किया गया था उसके समाधान को लिख कर दिखाइए।

23. लोहे की रेतन से चुंबक बनाना

किसी परीक्षण-नलिका को या दांत के ब्रुश को रखने की कांच-नलिका को लोहे की रेतन से लगभग दो-तिहाई भर दीजिए और नलिका के मुंह को रुई की डाट अथवा काग से बन्द कर दीजिए। ध्यान रहे कि नलिका हिलने न पाए। अब किसी बलशाली चुंबक के ध्रुवों से नलिका को सहलाइए। लौह रेतन की नलिका को दिक्सूचक के पास ले जाइए। आप देखेंगे कि नलिका ठोस चुंबक की तरह ही कार्य करती है। नलिका को अच्छी तरह हिलाइए और तब फिर दिक्सूचक के पास लाइए। इस बार यह दिक्सूचक पर कोई प्रभाव नहीं डालती। ऐसे प्रयोगों से ही वैज्ञानिकों ने यह धारणा बनाई है कि चुंबक का चुंबकत्व द्रव्य के बहुत छोटे कणों में, सम्भवतः अणुओं या परमाणुओं में, सम्बद्ध है।

24. प्लावी चुंबक बनाना

कुछ पुराने रेज़र ब्लेडों को चुंबकित करिए। ब्लेड को सावधानी से पकड़िए और अपने शरीर को बचाए रहिए। ब्लेडों पर तेल, वैसलिन या चर्बी हल्के-से लगाइए। चीनी मिट्टी की बड़ी तश्तरी (सूप प्लेट) में पानी भरिए और उस पर रेजर ब्लेडों को तैराइए। अब इन तैरते हुए चुंबकों के नीचे एक बलशाली चुंबक लाइए।

25. प्लावी चुंबकों से सम्बन्धित कुछ प्रयोग

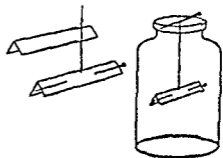
सात या आठ सूइयों को इस प्रकार चुंबकित करिए कि उनकी नोकों में एक ही प्रकार का ध्रुव बन जाए और आंखें (छेद) विपरीत ध्रुव। इन सूइयों को छोटे चपटे कागों में धुसा कर पार कर दीजिए। इन कागों का व्यास लगभग 13 मिलीमीटर रहे और सूई का लगभग 1 सेंटीमीटर भाग काग के ऊपर रहे। खाना रखने की एक थाली (सीरियल डिश) या सूप की प्लेट (या पीतल की परात या गहरी थाली) लीजिए, जिसकी दीवारें ढालू हों। इसे पानी से लगभग पूरा भर दीजिए। चुंबकों को तैरा दीजिए। सबकी नोकें नीचे रहें। अब किसी बलशाली चुंबक के एक ध्रुव को तरती हुई सूइयों के ऊपर लाइए। चुंबक के दूसरे सिरे से यही प्रयोग करिए। इस प्रकार के उतराते हुए चुंबकों को तश्तरी में विविध ढंगों से रखा जा सकता है। प्रयोग के लिए नीचे कुछ आकृतियां दी गई हैं।

26. चुंबक का कम्पनकारी

एक आकृति के चुंबक को उसके पार्श्व के बल लेटा दीजिए और चुंबक के निम्न बाहु पर एक सूई या रेजर ब्लेड को इस तरह खड़ा कर दीजिए कि वह चुंबक के दूसरे बाहु तक न पहुंचे। यह खड़ा ही रहेगा। दूसरे सिरे को पेंसिल से ठोकिए और देखिए कि यह कितनी अच्छी तरह कम्पन करता है।

27. सूई को हवा में तैराना

एक सूई में धागा डालिए। चुबक को मेज़ पर रख दीजिए और उसके एक ध्रुव पर सूई को बार-बार फिराइए। इस ध्रुव पर सूई को इतने समय तक रहने दीजिए कि वह पूर्णतया चुंबकित हो जाए। अब सावधानी से सूई को इस ध्रुव से छुड़ाइए। धागा पकड़ कर सूई को उठाइए और इसे दूसरे ध्रुव के ऊपर ले जाइए। सावधानी से काम करने पर इस दूसरे ध्रुव के ऊपर सूई हवा मे तैरने लगेगी। ऐसा क्यों *होता है ?*

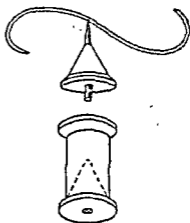
28. कार्ड दिक्सूचक बनाना

कांच की चौड़े मुंह वाली एक बोतल लीजिए। कार्ड या कड़े कागज़ के एक लम्बे टुकड़े को लम्बाई की ओर से बीच से मोड़ दीजिए। यह इतना लम्बा न रहे कि इसे बोतल के भीतर घूमने में कठिनाई हो। अब इस कार्ड से कुछ बड़ी इस्पात की बनी हुई एक सूई लीजिए और उसे चुबकित करिए (देखिए प्रयोग-3)। इस सूई को कार्ड में फंसा दीजिए और धागे से इस प्रकार लटका दीजिए कि कार्ड और सूई सन्तुलित रहें। ठीक सन्तुलन के लिए सूई ज़रा बाहर

या भीतर खींची जा सकती है। धागे के दूसरे सिरे को सलाई या किसी और लकड़ी में बांध दीजिए और उस सलाई को बोतल के मुह पर रख दीजिए।

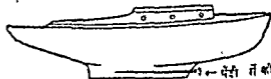
29. चुंबक से मछली-बेध करना

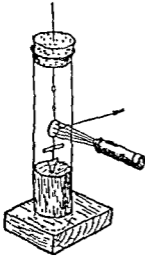
कई डेसीमीटर लम्बी एक डोर लीजिए और इसमें एक बलशाली चुंबक बांध दीजिए। इस धागे को किसी छड़ी या बंसी (बांस) में बांध दीजिए। एक पर्दे के पीछे मेज़ पर लोहे की बनी विविध वस्तुएं फैला कर रखिए। कील, कांटे, पेंच, बोल्ट, ढिबरी, पिन, इत्यादि का उपयोग किया जा सकता है। प्रत्येक वस्तु के लिए अंक नियत कर दीजिए, उदाहरणार्थ बड़ी कील के लिए 5, पेंच के लिए 4, बोल्ट के लिए 3, इत्यादि। हर एक खिलाड़ी बारी-बारी से पर्दे के उस पार चुंबक फेंक कर मछली को पकड़े और जिस वस्तु को उसका चुंबक उठाए, उसके अनुसार उसे अंक दिए जाएं।

30. चमत्कारी चुंबकीय लट्टू

लकड़ी की बनी हुई धागे की खाली रील से एक लट्टू बनाइए। पहले रील को काट कर दो कर दीजिए। आधे भाग को लेकर उसकी लकड़ी इस प्रकार छील दीजिए कि वह शंकु (कोन) के आकार की हो जाए। तब उसके छेद में लोहे (या हो सके तो इस्पात) की छड़ कस दीजिए। यह छड़ इतनी बड़ी रहे कि शंकु के पार जाने पर सिरे की ओर उसका लगभग 1 सेंटीमीटर भाग बाहर निकला रहे। नीचे वाले सिरे को, जो शंकु की नोक की ओर निकला रहता है, सान मशीन पर इतना घिसिए कि उसकी नोक बहुत तेज़ और सर्वत्र बराबर गोल हो जाए। लट्टू तैयार है। तर्कु को चुंबकित करिए और फिर लकड़ी के शंकु में लगा दीजिए (या साधारण लकड़ी की साधारण फिरकी में चुंबकित सूज लगा दीजिए)। नरम तार से S आकृति का बड़ा वक्र बनाइए और उसे चिकने तल पर रखिए। यदि आप पूर्वोक्त लट्टू (या फिरकी) को नचा कर ऐसे वक्र तार के एक सिरे पर रख देंगे तो यह तार का सहारा लेकर दूसरे सिरे तक चला जाएगा।

31. चुंबकीय नाव

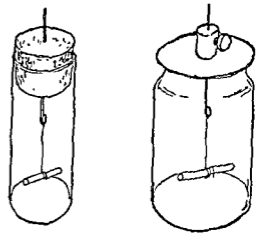
किसी नरम लकड़ी से एक नाव गढ़ लीजिए। यदि चाहें तो आप इस पर मस्तूल और पाल भी लगा सकते हैं (नाव के भीतरी भाग को खोखला कर लीजिए या इसकी पेंदी में लम्बाई की ओर एक छोटा-सा छेद कर लीजिए)। अब एक लोहे की कील (या छाते की तीली के टुकड़े) को चुंबकित करके उसे इस छेद में अथवा नाव के भीतर ही रख दीजिए। समुद्र के लिए प्लास्टिक या अलमीनियम (या पीतल या कांसे) की थाली का उपयोग करिए। बालू या लकड़ी से आप समुद्र-तट बना सकते हैं। थाली के नीचे चुंबक चला कर आप अपनी नाव को नियन्त्रित कर सकते हैं।

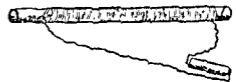
32. सुग्राही चुंबकत्वमापी

तांबे के तार के एक टुकड़े को एक काग के भीतर डाल कर पार कर दीजिए। यह काग परीक्षण-नलिका में फंसा जाएगा और चुंबक लटकाने के लिए ऊपरी आधार का काम करेगा। तांबे के पतले तार से चुंबक के लिए वाहक (कैरियर) बनाइए और नीचे वाले सिरे में टांके से एक छोटी-सी पंखी (वेन) जोड़ दीजिए।

चुबक-वाहक मे किसी हल्के-से दर्पण का एक टुकड़ा जोड़ दीजिए, जिससे यह किरणावली को परावर्तित करे। परीक्षण-नलिका में लगभग 3 सेंटीमीटर की गहराई तक तेल भर दीजिए। लटकाए हुए चुंबक और वाहक को नलिका मे नीचे उतार दीजिए और ऊपरी आधार को इस प्रकार समंजित करिए कि पूर्वोक्त अवमन्दन-पंखी तेल में लगभग पूर्णतया डूब जाए।

33. कम्पन चुंबकत्वमापी

आजकल छोटे, बलशाली कोबाल्ट अथवा टिकोनल के चुबक आसानी से मिल जाते हैं। उन्हें किसी नलिका में रेशम से लटका देने पर उत्तम कम्पन चुवकत्वमापी (वाइब्रेशन मैग्नेटोमीटर) बनाए जा सकते हैं। इनमें 'अव-मन्दन' नहीं होता क्योंकि झूलने वाले कांटे का 'कम्पन काल' उस स्थान के चुबकीय क्षेत्र का मापदण्ड होता है जहां उसे रखा जाए।

चौड़े मुह वाला कोई बरतन बडी प्रतिकृति बनाने के लिए लीजिए। इस पर लकड़ी का ढक्कन होना चाहिए। पीतल का विद्युत-संयोजक (कनेक्टर) ऊपरी आधार के लिए उपयुक्त क्लिप का काम देता है। जब उपकरण से काम न लेना हो तो चुंबक को उतार कर पेंदी से लगा दिया जा सकता है। ऐसी सावधानी बरतने से लटकाए गए भाग की आयु बढ जाती है।

(टिप्पणी :—अवमन्दन का अर्थ है दोलन-विस्तार को कम करना।)

34. विद्युत् चुंबकन कुण्डली

किसी साधारण काच-नलिका पर तावे के तार को बहुत पास-पास लपेटिए। इस नलिका की सहायता से बुनाई की सलाइयों (या छाते की तीली के टुकड़ों) को चुंबकित किया जा सकता है (तार के फेरे एक-दूसरे को न छूए, या तार विसवाहित (इंसुलेटेड) हो, जैसा कि बिजली के पंखों के भीतर लगा तार होता है)। टार्च की बैटरी से आवश्यक विद्युत्-धारा ली जा सकती है परन्तु उसे आवश्यकता से अधिक समय तक सम्बद्ध नही किए रहना चाहिए।

35. बिजली की वितरण-प्रणाली के लिए चुंबकीपन कुण्डली

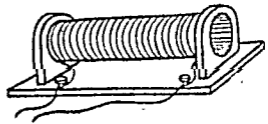
220 वोल्ट की बिजली के लिए इस परि-नालिका (चुंबककारी कुण्डली, सालेनायड) में लगभग 50 सेंटीमीटर लम्बी एक नलिका होती है, जिस पर 22 नम्बर के तावे के विसंवाहित (इंसुलेटेड) तार की बारह परतें लपेटी हुई रहती है। यदि धारा में अवरोध (रेजिस्टेंस) डाल दिया जाए, तो इससे कम फेरों की आवश्यकता पड़ेगी, या इसके बदले

कुण्डली की बाहरी परतें अवरोधी तार (रेजिस्टेंस वायर) से लपेटी जा सकती हैं।

पूर्वोक्त परिनालिका में देर तक बिजली जाने देने से वह बहुत गरम हो जाएगी परन्तु यदि परिपथ (सरकिट) में एक खटखटाने वाली कुंजी (टैपिंग की—जैसी तारघरों में खटखटाने के लिए प्रयुक्त होती है) डाल दी जाए तो कुण्डली का इस्तेमाल रुक-रुक कर भी किया जा सकता है।

प्रत्यावर्ती धारा (ए० सी०) का उपयोग करके इस कुण्डली से अचुंबकीकरण का काम लिया जा सकता है। कुण्डली से वस्तु को धीरे-धीरे खींच कर बाहर निकालिए और जब तक वस्तु इस कुण्डली के प्रभाव के बाहर न निकल जाए, तब तक उसे कुण्डली के अक्ष के ही अनुदिश रखिए।

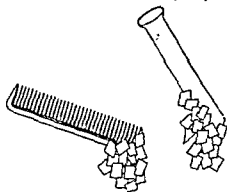
इस कुण्डली को प्र० धा० (ए० सी०) से चुंबकीकरण के लिए भी काम में लाया जा सकता है। वस्तु को कुण्डली के भीतर रख दीजिए और खटखटाने वाली कुंजी को एक क्षण के लिए दबा दीजिए।

अध्याय—15

विद्युत् के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. स्थिर विद्युत्

(ये सभी प्रयोग अच्छी तरह तभी हो पाते हैं जब वायु शुष्क रहे।)

1. दो वस्तुओं को परस्पर रगड़ कर विद्युत् प्राप्त की जा सकती है

काग को रेत कर काग के चूरे की ढेरी लगा लीजिए। एक महीन कागज के टुकड़े-टुकड़े कर लें। प्लास्टि की कंघी, प्लास्टिक की पेंसिल (या पटरी) प्लास्टिक का फाउण्टेनपेन, एक टुकड़ा मोम, रबड़ का गुब्बारा, कांच अथवा चीनी मिट्टी की तश्तरी, और धातु को छोड़ कर कोई भी अन्य वस्तु, जो आपको मिल सके, इकट्ठी कीजिए। इनमें से प्रत्येक वस्तु को अपने बालों पर या फर के टुकड़े पर तेजी से रगड़िए (बाल सूखे रहें) और तब काग के कणों के पास लाइए। फिर रगड़िए और पतले कागज की कतरनों के पास लाइए। देखिए क्या होता है। ऊपर के प्रयोग को दोहराइए परन्तु अब की बार सब वस्तुओं को रेशमी कपड़े से रगड़िए। फिर फलालैन का उपयोग करके प्रयोग को दोहराइए।

2. स्थिर विद्युत् सर्वत्र होती है

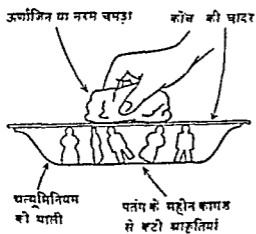
गुब्बारे को फूंक कर फुला लें। फिर उसे अपने सिर पर रगड़िए और तब उसे पतले कागज के टुकड़े या काग के चूरे के पास ले जाइए। अब कंघी और प्लास्टिक की बनी पटरी लेकर प्रयोग को दोहराइए। फाउण्टेनपेन को अपने ऊनी कपड़े पर रगड़िए और स्थिर आवेश (चार्ज) देखने के लिए उसकी परीक्षा कीजिए। समाचारपत्र की दो पट्टियों को साथ पकड़िए। दोनों ही लगभग 5 सेंटीमीटर चौड़ी और 30 सेंटीमीटर लम्बी हों। अपने खाली हाथ के अंगूठे और तर्जनी को इन कागजों पर लम्बाई की दिशा में फेरिए (अर्थात् कागजों को बार-बार एक दिशा में रगड़िए)। क्या होता है? कुछ और भी प्रयोग करें और सिद्ध करें कि स्थिर विद्युत् सर्वत्र होती है।

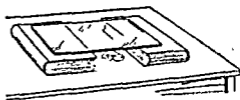
3. स्थिर विद्युत् से प्रकाश

प्रतिदीप्त प्रकाश (फ्लुओरेसेंट लाइट) वाली एक नलिका (ट्यूब) लें। अन्धेरे में इसे ऊर्णाजिन (किसी जानवर की खाल, जिसमें सब बाल लगे हों) या फलालैन (फ्लैनेल या विशुद्ध ऊन के कंबल) के टुकड़े से तेजी से रगड़िए। आप क्या देखते हैं?

4. स्थिर विद्युत् के कारण नाचती हुई आकृतियां

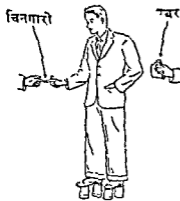
अल्मीनियम (या पीतल या कांसे) की थाली लीजिए, जो लगभग 2.5 सेंटीमीटर गहरी हो। इसे ढकने के लिए कांच की एक चादर भी लीजिए। पतंग के महीन कागज से छोटी गुड़ियों जैसी कुछ आकृतियां काट लीजिए, जैसी चित्र में दिखाई गई हैं। मुक्केबाज आदि की आकृतियों को भी बना सकते हैं। आकृतियां थाली की गहराई से नाम-मात्र छोटी रहें। आकृतियों को थाली की पेंदी में रखिए और थाली को कांच से ढक दीजिए। कांच के ऊपरी तल को ऊर्णाजिन (फर) के एक टुकड़े से अथवा नरम चमड़े से रगड़िए और नाच देखिए।

5. कागज की उछल-कूद

दो पुस्तकों पर कांच की चादर रखिए और उसके नीचे कागज के टुकड़े रखिए। कांच को रेशम या फलालैन (ऊनी वस्त्र) से रगड़िए। तब कागज के टुकड़े मजेदार ढंग से कूदने लगते हैं।

आवेशयुक्त कांच के कारण कागज के टुकड़ों में भी आवेश आ जाता है और यही उनके आकर्षित होने का कारण है। आवेश की समाप्ति के बाद वे गिर पड़ते हैं। कागज के टुकड़ों को मेंढकों की आकृतियां भी दी जा सकती हैं।

6. स्थिर विद्युत् वायुयान

हल्के अल्मीनियम पत्र को काट कर एक छोटा-सा हवाई जहाज बनाइए। तब एबोनाइट अथवा प्लास्टिक की छड़ को आवेशित करके उसको जहाज के समीप लाइए। जहाज कूद कर छड़ के पास आ जाएगा और फिर उसी प्रकार का आवेश इसमें भी आएगा जैसा कि छड़ में है। तब वह कूद कर छड़ से दूर भाग जाएगा। इसे जब तक इच्छा हो तब तक हवा में रखा जा सकता है और उसके उड़ने की दिशा को प्रतिकर्षण द्वारा नियमित किया जा सकता है।

7. रगड़ने से चिनगारी का निकलना

कांच के चार गिलास लें और उन्हें उलट कर भूमि पर पास-पास रख दें। उन्हें धातु की किसी वस्तु, जैसे कि जल का नल, के पास होना चाहिए। अब एक आदमी को गिलासों पर खड़ा करिए। उसके (ऊनी) कपड़े को पूरे एक मिनट तक या तो ऊर्णाजिन (फर) के एक टुकड़े से या रबड़ (जैसे बाइ-सिकिल की भीतरी नलिका या गरम पानी वाली रबड़ की बोतल) को तह करके बनी गद्दी से रगड़िए। तब वह व्यक्ति अपनी एक अंगुली को भूमि पर खड़े किसी व्यक्ति की अंगुली से मिलाए। प्रयोग को दोहराइए परन्तु इस बार वह अपनी अंगुली पानी के नल के पास ले जाए। परिणाम देखिए।

8. गुब्बारे का अपने स्थान पर टिका रहना

खिलौने के गुब्बारे को फूंक कर फुला लें और उसे ऊर्णाजिन (फर) के एक टुकड़े से रगड़िए। उसे दीवार से सटा कर रखिए। आप देखेंगे कि आप उसे जहां भी रख दें वह वहीं टिका रहता है। प्रयोग को दोहराइए, परन्तु अब उसे अपने बालों पर रगड़िए। फिर उसे अपने ऊनी कोट की आस्तीन पर रगड़ कर प्रयोग को दुहराइए।

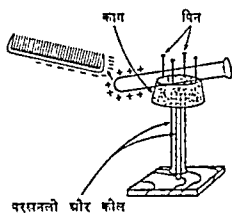
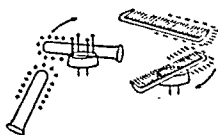
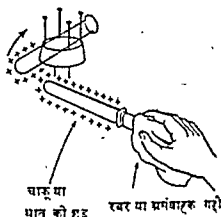
9. समाचारपत्र दीवार पर टिका रहता है

समाचारपत्र के एक पन्ने को खोल कर दीवार पर दबा दीजिए, कहीं शिकन न रहे। समाचारपत्र को सर्वत्र कई बार पेंसिल से रगड़ दीजिए (हाथ समाचारपत्र के केन्द्र से बाहर की ओर चले)। कागज के एक कोने को अपनी ओर खींचिए और छोड़ दीजिए। देखिए वह किस प्रकार फिर आकर्षित होकर दीवार पर चिपक जाता है। यदि वायु खूब सूखी रहे तो आप स्थिर आवेश के कारण चटचटाने की ध्वनि भी सुन सकेंगे।

10. स्थिर आवेश दो प्रकार के होते हैं

लकड़ी की पेंदी के बीचोंबीच एक लम्बी कील ठोंक कर एक घूमचक्कर बनाइए। कील की नोक को रेत कर पैनी कर दीजिए। अब एक बड़े और चपटे काग में छेद करके उसमें छोटी परीक्षण-नलिका की पेंदी को फंसा दीजिए। इस परीक्षण-नलिका को कील के ऊपर औंधा रख दीजिए। काग के ऊपरी तल में पिन खोंस दें ताकि काग पर रखी हुई वस्तु ढुलक कर गिरने न पाए। फिर दो परीक्षण-नलिकाएं या कांच की छड़ें, असली रेशम का एक टुकड़ा (जैसे रेशमी रूमाल या मोजा) प्लास्टिक की दो कंघियां और ऊर्णाजिन (फर) का एक टुकड़ा अथवा असली ऊनी कपड़ा जैसे देशी कंबल का टुकड़ा या फलालैन भी लें। कांच की एक छड़ को रेशम से रगड़ कर घूम-चक्कर पर रख दीजिए। कांच की एक दूसरी छड़ को रेशम से रगड़िए और उसे घूम-चक्कर पर रखी छड़ के पास लाइए। इस प्रयोग को तब तक दोहराते रहिए जब तक आप यह न समझ लें कि आप एक निश्चित परिणाम पर पहुंच गए हैं।

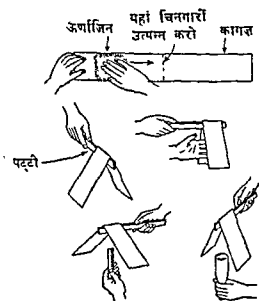
काच की छड़ को फिर रेशम से रगड़िए और उसे घूमचक्कर पर रखिए। अब प्लास्टिक की एक कंघी को ऊर्णाजिन से रगड़िए और उसे घूमचक्कर पर रखी हुई कांच की छड़ के पास लाइए। जब तक सफलता न मिले प्रयोग को बराबर करते रहिए।

एक कंघी को ऊर्णाजिन से रगड़िए और उसे घूमचक्कर पर रखिए। दूसरी कंघी को फर से रगड़िए और उसे मंच पर रखी कंघी के पास लाइए। जब तक आपको विश्वास न हो जाए कि आपके प्रेक्षण ठीक हैं तब तक प्रयोग को दोहराते रहिए।

फिर एक कंघी को फ़र से रगड़िए और उसे घूमचक्कर पर रखिए। कांच की एक छड़ को रेशम से रगड़िए और कंघी के पास ले जाइए। जब तक आपको अपने प्रेक्षणों की सफलता का निश्चय न हो जाए प्रयोग को दोहराते रहिए।

जब प्लास्टिक को ऊर्णाजिन से रगड़ा जाता है तब प्लास्टिक में विद्युत् का ऋण आवेश आ जाता है और ऊर्णाजिन में धन आवेश। जब कांच को रेशम से रगड़ा जाता है तब कांच में धन आवेश आता है और रेशम में ऋण। आपके प्रयोग से पता चलेगा कि सजातीय विद्युत् आवेश एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं और विजातीय आवेश आकर्षित। विद्युत् का यह एक आधारभूत नियम है।

11. स्थिर विद्युत् के लिए मज्जा-गुटिका वाला सूचक बनाना

किसी पौधे के तने का भीतरी गूदा या मज्जा (पिथ) लीजिए। इस गूदे को खूब सुखा लीजिए और अच्छी तरह दबा कर उसकी इतनी छोटी-छोटी गोलियां बना लीजिए कि उनका व्यास लगभग 5 मिलीमीटर हो जाए। इन गोलियों को अलमीनियम या तांबे के तेल-रंग (पेंट) से रंग दीजिए। प्रत्येक गोली में रेशम का तागा पिरो दीजिए। तागे की लम्बाई 15 सेंटीमीटर होनी चाहिए। गोली के लिए लकड़ी का आधार (स्टैंड) बना लें। विविध वस्तुओं को रेशम, ऊर्णाजिन अथवा कंबल से रगड़ कर मज्जा-गुटिका के पास लाइए और उसकी अभिक्रिया को देखिए। आप देखेंगे कि पहले यह आकर्षित होती है और छूने के बाद प्रतिकर्षित। इस प्रकार टंगी मज्जा-गुटिका विद्युत्-दर्शी कहलाती है।

12. समाचारपत्र से विद्युत्-दर्शी बनाना

समाचारपत्र से 60 सेंटीमीटर लम्बी और 10 सेंटीमीटर चौड़ी एक पट्टी काट लें। इसे बीच से मोड़ दें और एक पटरी पर लटका दें, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। इसे

मेज़ पर रख कर और पकड़ कर कई बार एक ही दिशा में ऊर्णाजिन या कंबल के टुकड़े से रगड़िए। पटरी की सहायता से इसे मेज के ऊपर उठाइए और देखिए कि कागज क्या करता है। कंघी अथवा प्लास्टिक की किसी अन्य वस्तु को ऊर्णाजिन अथवा कंबल से रगड़िए और कागज़ के फैले पन्नों के बीच लाइए। जब तक आपको निश्चित परिणाम प्राप्त न हो प्रयोग को दोहराते रहिए। अब एक शीशी को रेशम से रगड़िए और उसे कागज़ के फैले पन्नों के बीच लाइए। परिणाम को देखिए और जब तक आपको विश्वास न हो जाए कि वह ठीक है तब तक प्रयोग को दोहराते रहिए। यह प्रयोग क्या बताता है ?

13. धातु-पत्र का विद्युत्-दर्शी बनाना

इस युक्ति से विद्युत् आवेश का पता लगाया जाता है। इसके लिए एक चौड़े मुह की बोतल, थोड़ा तार और हल्की पन्नी अथवा कागज़ की आवश्यकता पड़ेगी।

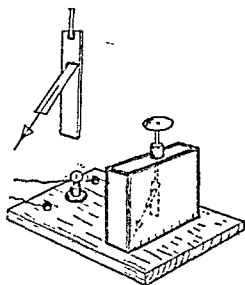
एक कागज़ को पिघले मोम में डुबो कर निकाल लें। इसमें विद्युत् आवेश का क्षरण (लीकेज) नहीं होना चाहिए। अब इसके भीतर-(L) आकृति का पीतल या तांबे का एक तार घुमा कर पार कर दें और पतले (पतंग वाले) कागज़ या अल्मीनियम (या चांदी या सोने) की पन्नी (वर्क) के टुकड़े को नीचे के समतल भाग से लटका दे।

यदि इस तार के पास कोई आवेशयुक्त पिंड लाया जाएगा तो कागज के पन्ने छितर जाएगे क्योंकि उनको एक ही प्रकार का आवेश मिलेगा।

मोमी काग के बदले विसंवाही मोम (इंसुलेटिंग वैक्स) अथवा पर्सपेक्स नामक प्लास्टिक की डाटें अधिक सन्तोषकारी होती हैं क्योंकि वे अधिक अच्छा विसंवाहन करती हैं।

14. छाया विद्युत्-दर्शी बनाना

खड़िया के या सिगारों के बक्स से एक बहुत उपयोगी उपकरण बनाया जा सकता है। ढक्कन और पेंदी को निकाल डालना चाहिए और उनके बदले एक ओर एक साफ कांच तथा दूसरी ओर गफ (घना बुना) कपड़ा या कागज लगाना चाहिए। चित्र में कागज वाला पार्श्व दिखाई पड़ रहा है। काच को अपने स्थान पर टिकाए रखने के लिए टीन की कोनिया लगाइए और कागज को सरेस से चिपका दें। बक्स के ऊपर वाले भाग में बर्मी से एक छेद कर दें। इस छेद में एबोनाइट या एंबर के मोमबत्तीनुमा विसंवाहक (इंसुलेटर) को कस कर लगा दें। इसके केन्द्र (अक्ष) में पीतल का एक मोटा तार कस कर लगाइए और तार के ऊपरी सिरे पर धातु का एक वृत्ताकार टुकड़ा जोड़ दें। यह टुकड़ा विद्युत्-दर्शी के टोप का काम करेगा। तार के दूसरे सिरे पर टीन के एक टुकड़े को टांके से जोड़ दें। इस

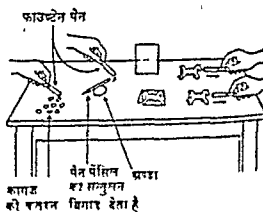
टुकड़े के ऊपरी भाग में सोने या अल्मीनियम की पत्ती चिपका दें। परन्तु पत्ती टीन से छोटी रहे। अब कांच के पतले सूत्र को, जिसे ज्वाला में सुगमता से बनाया जा सकता है, पत्ती पर सरेस से चिपका दें। इस सूत्र के नीचे वाले सिरे पर एक छोटा-सा बहुत हल्का बाण चिपका दें। कांच वाली ओर से एक विद्युत् बल्ब से प्रकाश डालिए, जो पत्ती और सूचक की छाया को पर्दे पर डाल दे। साधारण प्रक्षेपी विद्युत्-दर्शी की अपेक्षा इस उपकरण में यह लाभ है कि पत्ती उल्टी नहीं दिखाई पड़ती। पत्ती की गति और स्थिति को एक बड़ी कक्षा भी देख सकती है। वोल्टों को सूचित करने वाला एक पैमाना भी कागज पर बनाया जा सकता है।

15. छूने वाले गुब्बारे का खेल

खेल के गुब्बारे को फूंक कर फुला लें और उसमें लगभग 1 मीटर लम्बा तागा बांध दें। गुब्बारे पर स्याही से मुखाकृति भी बनाई जा सकती है। इसके लिए स्याही में नरम लकड़ी को डुबा कर काम करिए। अब तागे को पकड़े रहिए और किसी छात्र से कहिए कि वह गुब्बारे पर बने मुखड़े को उर्णाजिन (फर) या कंबल के किसी टुकड़े से रगड़े। गुब्बारे को छोड़ दें। आप देखेंगे कि वह आसपास की हर वस्तु को छूने लगता है।

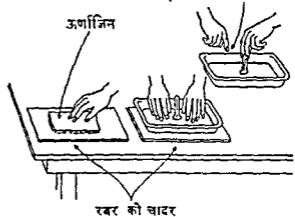
16. गुब्बारे से और भी मनोरंजन

ऊपर के प्रयोग की तरह ही दो गुब्बारों बांधिए। उनके मुखड़ों को उर्णाजिन से रगड़िए तागों को एक साथ पकड़िए। देखिए कि वे कि तरह प्रतिकर्षण करते हैं। उनके बीच अ हथेली डाल दें और देखिए क्या होता है। ए गुब्बारे को अपने मुख के पास लाइए। ती गुब्बारों का इस्तेमाल करके इस प्रयोग दोहराइए।

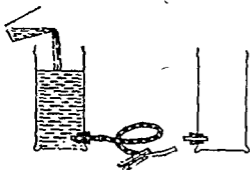
17. स्थिर विद्युत् की सहायता से घुड़दौ कराना

कागज को एक बार दोहरा करके उस कई घोड़े इस प्रकार काटिए कि वे मेज पर ख हो सकें। कड़े प्लास्टिक की कंघी या फाउण्टे पेन को फर से रगड़िए और देखि कि उनसे आप कागज के घोड़ों को मेज प इधर-उधर खींच सकते हैं या नहीं। अगर घोड़े हों तो उनसे घुड़दौड़ भी कराई जा सक है।

18. स्थिर विद्युत् से चिनगारियां उत्पन्न कराना

लगभग 24 सेंटीमीटर व्यास की अल्मी- नियम की एक चादर लें। इन्नी थाली भी ले सकते हैं। धातु को आंच पर इस प्रकार गर्म करिए कि वह हर स्थान पर एक-सी गर्म हो जाए। चादर के बीचोंबीच मुहर लगाने की लाख की छड़ या मोमबत्ती को गला कर डालिए ताकि वह चादर पर मुठिया (हैंडल) बन जाए। यदि मुठिया को अधिक स्थिर बनाना

हो तो आप थाली के केन्द्र में छेद करके उसमें पेंच से लकड़ी या प्लास्टिक की मुठिया भी कस सकते हैं। अब कार के पहिए के भीतर की एक पुरानी ट्यूब को खोल कर मेज पर बिछा दीजिए। आधे मिनट तक उसके ऊपरी भाग को तेजी से ऊर्णाजिन या फलालैन (या देशी कंबल) के एक टुकड़े से रगड़िए। अब थाली को रबड़ पर रखिए और उसे अपनी अंगुलियों से रबड़ पर कस कर दबाइए। अंगुलियों को हटा लीजिए और हैंडल पकड़ कर थाली को उठाइए। अब अपनी अंगुली थाली के पास ले जाइए। एक चिनगारी निकलेगी। बिना रबड़ को फिर से रगड़े आप उससे कई बार आवेश प्राप्त कर सकते हैं। उसके लिए केवल इतना करिए कि थाली को अपनी अंगुलियों से रबड़ पर दबाइए और हैंडल को पकड़ कर इसे ऊपर उठाइए।

ख. सरल विद्युत् सेल और परिपथ

1. नलिका में पानी कैसे बहता है

एक डिब्बे से पानी दूसरे डिब्बे में प्रवाहित करने के लिए यह आवश्यक है कि मूल जल स्थान कुछ अधिक ऊंचे स्तर पर रहे। पानी हमेशा नीचे की ओर बहता है। आप इसे दो बड़े डिब्बों के उपयोग से प्रदर्शित कर सकते हैं। प्रत्येक की दीवार में पेंदी के पास इतना बड़ा छेद करिए कि उसमें एक छेद वाली डाट कसी जा सके। एक डिब्बे में रबड़ की लम्बी

नलिका जोड़ दीजिए। कमानीदार चुटकी लगा कर नलिका के अन्तिम सिरे को दबा रखिए। डिब्बे को मेज पर रखिए और उसे पानी से भर दीजिए। नलिका को दूसरे डिब्बे से सम्बद्ध करिए। चुटकी को हटा दीजिए। पानी बहने लगेगा। यह बहना कब बन्द होता है?

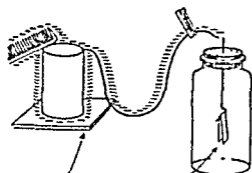
2. यह दिखाना कि संवाहक में विद्युत् कैसे बहती है

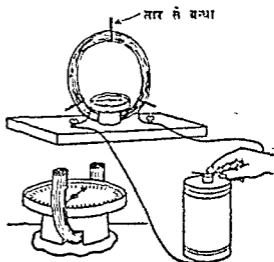
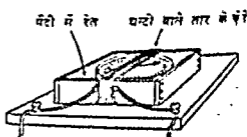
पिछले प्रयोग की तरह के दो डिब्बों का इस्तेमाल करिए। किसी तार के नंगे सिरे को एक डिब्बे में जोड़ दीजिए। दोनों डिब्बों को चीनी मिट्टी की औंधी रखी हुई प्लेटों पर रख दीजिए। तार के खुले सिरे के पास एक कमानीदार चुटकी लगा दीजिए। अब उस उपकरण का उपयोग करिए जिसे आपने इस अध्याय में पूर्वगामी खण्ड के प्रयोग-18 में चिनगारियां उत्पन्न करने के लिए बनाया था। तार के खुले सिरे पर हुक बना कर पहले उसे उसी डिब्बे में फंसा दीजिए जिसमें उसका दूसरा सिरा जुड़ा है। अब रबड़ की गद्दी में विद्युत् उत्पन्न करिए और थाली को उस डिब्बे से छुआ दीजिए जिसमें तार लगा है। इस क्रिया को 20 बार दोहराइए ताकि डिब्बा अच्छी तरह आवेशित हो जाए।

मज्जा-गुटिका विद्युत्-दर्शी को (पूर्वगामी खण्ड के प्रयोग-11 में बनाया गया) इस प्रकार रखिए कि वह दूसरे डिब्बे को छूता रहे। अब तार के सिरे को पहले डिब्बे पर से उतार लीजिए। इस काम में चुटकी से हैंडल का काम लीजिए और इसे दूसरे डिब्बे में फंसा दीजिए। मज्जा-गुटिका को देखिए। यदि आपका प्रयोग सफल होगा तो

विद्युत् एक डिब्बे से दूसरे डिब्बे में प्रवाहित होगी और इसका पता मज्जा-गुटिका द्वारा लग जाएगा।

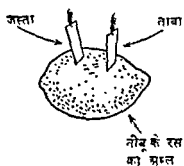
3. यह दिखाने की दूसरी रीति कि विद्युत् कैसे बहती है

ऊपर के प्रयोग—2 वाले उस डिब्बे का उपयोग करिए जिसमें तार लगा हुआ था। इस बार तार के दूसरे सिरे को उस पत्र-विद्युत्-दर्शी से सम्बद्ध करिए जिसे आपने पूर्वगामी खण्ड के प्रयोग-13 में बनाया था। डिब्बे को चिनगारी देने वाले उपकरण अथवा ऊर्णाजिन (फ़र) से रगड़ी गई प्लास्टिक की कंघी की सहायता से आवेशित करिए। विद्युत्-दर्शी की पत्ती को देखिए।

4. विद्युत्-धारा को दिखाने के लिए एक सरल यन्त्र बनाना

थोड़ा-सा घंटी वाला तार लीजिए, जिस पर सूत लपेटा गया हो (या घंटों के भीतर लगने वाला अनेमल किया हुआ तार लीजिए) और लगभग 8 सेंटीमीटर व्यास की बोतल के ऊपर सफाई से उसको 50-60 बार लपेटिए ताकि उसकी एक कुंडली (क्वायल) बन जाए। इस कुंडली को बोतल पर से खिसका कर उतार लीजिए और उसे तार के छोटे टुकड़ों से अथवा फीते से अच्छी तरह बांध लीजिए। इस कुंडली को लकड़ी की पेंदी को पारंगित करिए। दिक्सूचक रखने के लिए काग का एक छोटा मंच (प्लेटफार्म) बनाया जा सकता है। कुंडली को बिठाने के लिए काग में एक खांचा काट देना चाहिए और तब मुहर की लाख को पिघला कर उसमें काग और कुंडली को पेंदी के ऊपर चिपका देना चाहिए। दिक्सूचक को काग पर रखिए और पेंदी को घुमा कर सूई को कुंडली के समतल कर दीजिए। कुंडली में एक शुष्क सेल से (जिसे लोग कभी-कभी बैटरी भी कहते हैं) सम्बद्ध करिए और दिक्सूचक सूई को देखिए।

सिगार बक्स की लकड़ी से एक छोटा-सा चौखटा बनाइए, जिसमें एक दिक्सूचक ठीक-ठीक आ जाए (इधर-उधर स्थान न छूटा रहे)। इस चौखटे की सहायता से एक और अधिक सुग्राही यन्त्र बनाया जा सकता है। दिक्सूचक को इस चौखटे में रख दीजिए और तब चौखटे पर घंटी वाला तार (या अनेमल किए हुए तांबे का तार) के लगभग 20 फेरे लपेटिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

5. रासायनिक ऊर्जा से विद्युत् ऊर्जा की प्राप्ति

दो सिक्के लीजिए, जो भिन्न धातुओं के बने हों। उन्हें महीन रेगमाल (सैंड.पेपर) या इस्पात के घूए (स्टील वूल) से अच्छी तरह मांजिए। अब कागज़ का एक तौलिया या सोख्ता (ब्लॉटिंग पेपर) लीजिए और उसे मोड़ कर एक गद्दी बनाइए, जो सिक्कों से थोड़ी बड़ी रहे। सोख्ता को नमक के पानी में भिगो लीजिए। एक सिक्के को गद्दी के ऊपर और दूसरे को उसके नीचे रखिए। सिक्कों को अंगूठे और एक अंगुली के बीच पकड़े रहिए। अपनी सुग्राही कुंडली के सिरों को इन सिक्कों से सम्बद्ध करिए और दिक्सूचक को देखिए।

6. नीबू से विद्युत् की प्राप्ति

पुरानी शुष्क बैटरी के बाहरी खोल से जस्ते का एक टुकड़ा काटिए और अपने सुग्राही विद्युत्-मापी के एक तार को उसमें जोड़ दीजिए। दूसरे तार को एक तांबे के टुकड़े मे जोड़ दीजिए। एक नीबू को मेज़ पर फेर कर नरम कर लीजिए ताकि ततुओं का रस उसके भीतर ही निकल पड़े। नीबू में जस्ते और तांबे के टुकड़ों को धंसा दीजिए। यह ध्यान रहे कि वे एक-दूसरे को छूने न पाएं। दिक्सूचक की सूई को देखिए।

7. सरल विद्युत् सेल बनाना

यदि शुष्क बैटरी उपलब्ध न हो तो भी अनेक प्रयोगों में एक सरल वोल्टीय विद्युत् सेल का उपयोग किया जा सकता है। किसी अमृतबान में तनु (डाइल्यूट) सल्फ्यूरिक अम्ल रखिए और उसमें तांबे तथा जस्ते की एक प्लेट डाल दीजिए। इन प्लेटों को समय-समय पर हिलाना पडता है, ताकि उन पर चिपके हुए गैस के बुलबुले दूर हो जाए। यदि पोटासियम बाइक्रोमेट के कुछ रवे अम्ल मे डाल दिए जाए तो भी यह काम हो जाएगा क्योंकि यह पदार्थ गैसो को रासायनिक रीति से दूर करता है।

8. एक दूसरा सरल विद्युत् सेल

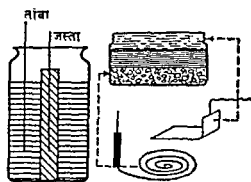
बूट पालिश की डिब्बी या काच के कम गहरे बरतन से आप कक्षा के प्रयोगो के लिए एक सरल डेनियल विद्युत् सेल बना सकते हैं। पहले बरतन में तूतिया (कापर सल्फट) के स्फाटों की एक तह बिछा दीजिए, जो लगभग 1 5 सेंटीमीटर गहरी हो और उसे तूतिया के गाढे घोल से तर कर दीजिए। यह घोल पेंदी में 0.5 सेंटीमीटर तक पड़ा रहे। अब तांबे के एक तार को चपटे सर्पिल का रूप दीजिए और उसे विसंवाही जस्ते के साथ इस तह के भीतर दवा दीजिए। तूतिया के ऊपर गीले पेरिस प्लास्टर (प्लास्टर आव पेरिस) की एक तह डाल दीजिए और उसे जम जाने दीजिए।

ऋण पट्ट के लिए जस्ते की चादर का एक टुकडा लीजिए और इसमे भी एक तार जोड दीजिए। (इसे प्लास्टर की तह पर रख कर) बरतन में इतना तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डाल दीजिए कि जस्ता डूब जाए (जस्ते का एक सिरा इतना मुड़ा रहे कि जस्ते और तार की सन्धि अम्ल के बाहर उठी रहे)। जिस समय विद्युत् सेल से काम न लिया जा रहा हो, तो इस थोड़े से अम्ल को फेंक देना चाहिए। (पेरिस प्लास्टर न मिले तो तांबे की छोटी थाली में तूतिया और थोड़ा पानी रख कर उसमें मिट्टी का

कसोरा या तश्तरी रखनी चाहिए, फिर इस कसोरे में अम्ल और जस्ता रखिए, थाली कटेगी नहीं, पीछे वह साधारण काम में भी आ सकती है।)

विद्युत्-धारा पाने के लिए इससे बड़ा कामचलाऊ विद्युत् सेल एक अमृतबान और गत्ते की नलिका से बनाया जा सकता है।

तूतिया और पेरिस प्लास्टर को पानी में मिला कर एक पतला-सा लेप बना लें और अमृतबान के केन्द्र में गत्ते की नलिका रख कर पूर्वोक्त मिश्रण को गत्ते और अमृतबान के बीच के स्थान में डाल दें और उसे जमने दें। इस मिश्रण में तांबे का एक पत्र भी मिला लेना चाहिए।

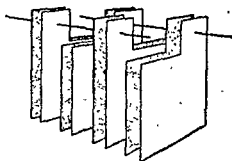
एक दूसरा मिश्रण बनाइए, जिसमें पेरिस प्लास्टर, जिंक, सल्फेट और थोड़ा सल्फ्यूरिक अम्ल रहे। जब पहला मिश्रण जम जाए तो इस नए मिश्रण को बीच वाली नलिका में डाल दें परन्तु जमने के पहले इसमें जस्ते की छड़ डाल दें। तांबे और जस्ते में तार जोड़ कर विद्युत् ली जा सकती है।

9. सरल संचायक या स्टोरेज बैटरी बनाना

जस्ते से मढ़े बिजली के दोहरे तार से जस्ते का पत्र उखाड़ लें। उसमें से 1.5 सेंटीमीटर × 3 सेंटीमीटर के टुकड़े काट लें, परन्तु प्रत्येक की एक छोटी भुजा में थोड़ा-सा भाग (या 'कान') बढ़ा रहे।

अब दियासलाई के बक्सों में पतली लकड़ी के टुकड़े काट लीजिए, जो 1.5 सेंटीमीटर × 3 सेंटीमीटर के रहें। उन्हें जस्ते के पत्रों के बीच रखा जाएगा और इसलिए उन्हें अन्तरक (स्पेसर) भी कहा जाता है।

पत्रों की एक गड्डी बनाइए, जिनके कान क्रमशः एक दाहिने और एक बाईं ओर रखे जाएं और हर दो पत्रों के बीच एक अन्तरक रहे।

प्रत्येक ओर के कानों को एक-एक तार से आपस में सम्बद्ध करिए।

इस सेट को तनु (डाइल्यूट) सल्फ्यूरिक अम्ल में डुबा दें (कान न डूबें), और इनमें विद्युत् प्रवाहित करिए ताकि पत्र 'तैयार' हो जाएं। चन्द मिनटों के बाद ही इस संचायक से टार्च की बत्ती जलाने भर की बिजली मिल जाएगी। इसमें बार-बार बिजली भरने (चार्ज करने) और इससे बिजली लेने (डिस्चार्ज करने) से पत्रों की अवस्था और भी अच्छी हो जाएगी।

10. अधिक काम करने वाला संचायक बनाना

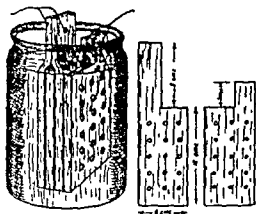
पिछली विधि से तैयार किए गए पत्र या पट्ट (प्लेटें) कक्षा में दिखाने के लिए ही हैं।

प्रति दिन के काम के लिए संचायक बनाने में इससे बड़े और मोटे पट्टों की आवश्यकता पड़ती है। इन पट्टों में छेद करके उनमें रासायनिक पदार्थ भरे जाते हैं।

जस्ते के पट्टों को लगभग 5 मिलीमीटर मोटा होना चाहिए। जस्ते से बनी गैस या पानी की पुरानी पाइप से भी काम चल सकता है (या फिर जस्ते को ढाल लीजिए)। चित्र में दिखाई गई नापों के अनुसार पट्ट बनाइए। उनमें

बर्मी से छेद करिए। निम्न पदार्थों को सान कर पीठी बनाइए और उसे इन छेदों में भरिए।

धन पट्ट	ऋण पट्ट
1 भाग लिथार्ज	6 भाग लिथार्ज
4 भाग सिंदूर	1 भाग सल्फ्यूरिक अम्ल
1 भाग सल्फ्यूरिक अम्ल	

पहले जैसे, परन्तु बीच में छेद वाले, कुछ अन्तरकों की भी आवश्यकता पड़ेगी, जिनकी मोटाई 5 मिलीमीटर हो।

पट्टों को संघटित करने के लिए उन्हें और अन्तरकों को यथाक्रम रखिए और रबड़ के छल्ले से या डोर से बांध दीजिए। फिर दोनों ऋण पट्टों को एक में बांध दें (और धन पट्टों को अलग एक में) और सबको किसी अमृतबान में डाल दीजिए। अमृतबान में इतना तनु सल्फ्यूरिक अम्ल, जिसका आपेक्षिक गुरुत्व 1.5 हो, डाल दीजिए कि पट्ट डूब जाएं (परन्तु कान न डूबें)।

संचायक को पहले की तरह ही आवेशित (चार्ज) करिए। जब वह आवेशित हो जाएगा तो धन पट्ट का रंग रक्ताभ (लाली लिए चाकलेट की तरह) हो जाएगा और ऋण पट्ट का रंग हल्का सुरमई।

11. शुष्क विद्युत् सेल की संरचना

किसी पुराने शुष्क विद्युत् सेल से उसका ऊपरी खोल हटाइए, आरी से चीर कर विद्युत् सेल के टुकड़े कर डालिए और उसकी संरचना को देखिए। केन्द्र में कार्बन अर्थात् धन ध्रुव होता है। जस्ते का खोल ऋण ध्रुव होता है। इन दोनों के बीच में जो पदार्थ है, वह विद्युत् सेल के पट्ट पर क्रिया करने वाला रासायनिक पदार्थ है। पता लगाइए कि इस पदार्थ ने जस्ते को कितना खा डाला है। आप देखेंगे कि रासायनिक पदार्थों को जस्ते के डिब्बे में गरम पिच से बन्द कर दिया गया था।

12. शुष्क विद्युत् सेल के परिपथ से विद्युत् प्राप्त करना

घंटी वाला तार लीजिए। टार्च के बल्ब की पेचनुमा जड़ पर तार के एक सिरे को इस प्रकार ऐंठ दीजिए कि बल्ब कस कर फंसा रहे। शेष तार को 8 अक्षर की आकृति में मोड़ दीजिए। बल्ब की जड़ वाली नोक को टार्च के विद्युत् सेल की केन्द्रीय घुंडी पर बैठा दीजिए और तार के खुले सिरे को इस प्रकार व्यवस्थित करिए कि तार कमानी की तरह झुक कर सेल की पेंदी को छू दे। यदि सब जोड़ ठीक कसे होंगे तो बल्ब जल जाएगा। इस प्रकार व्यवस्थित करने पर टार्च का कोई भी बल्ब अवश्य जल उठेगा परन्तु जो बल्ब एक ही विद्युत् सेल से जलते हैं वे अधिक तेज रोशनी देंगे।

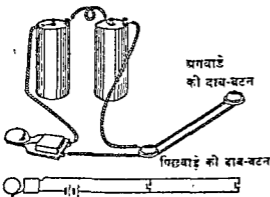
बल्ब को ध्यान से देखिए। आप देखेंगे कि उसके बीच में धातु का एक महीन तार है, जो अपने स्थान में दो अपेक्षाकृत मोटे तारों द्वारा टिका हुआ है। प्रवर्धक लैन्स लेकर आप

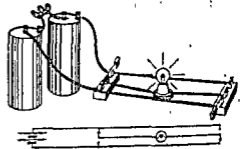
एक सिरा बाँध कर एक सरल स्विच बनाया जा सकता है। उपयुक्त संयोजन के लिए एक दूसरे तार को पहले तार के नीचे खिसकाया जा सकता है।

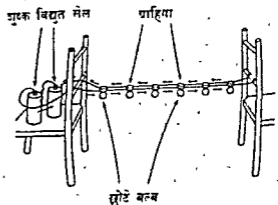
20. एक दूसरा सरल स्विच

घंटी वाले तार के एक टुकड़े को रील (स्पूल) के भीतर से डाल कर दूसरी ओर निकालिए और उसे बांध दीजिए। दूसरे तार को रील के ऊपर बाध दीजिए (दूसरा चित्र देखिए)। तारों के खुले सिरों को इस प्रकार लगाइए कि स्विच सुगमता से खुल सके और बन्द हो जाए।

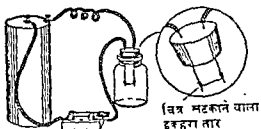
21. दो दाब-बटनों से दरवाज़े की घंटी बनाना

दो विद्युत् सेल, दो दाब-बटन और एक घंटी लीजिए और यह दिखाइए कि दो विभिन्न स्थानों से, उदाहरणार्थ घर के अगवाड़े से और पिछवाड़े से, एक ही घंटी किस प्रकार बजाई जा सकती है। चित्र में दिखाई गई रीति से मेज़ पर परिपथ बनाइए। परिपथ का एक वैद्युत चित्र खींचिए और उसमें प्रामाणिक संकेतों का उपयोग करिए।

22. एक ही बत्ती को दो स्विचों से नियन्त्रित करना

दो दोहरी फेंक के छुरीनुमा स्विच (डबल थ्रो नाइफ स्विचिज़) दो विद्युत् सेल और एक लैम्प लीजिए और छात्रों को यह दिखाइए कि सीढ़ी की रोशनी ऊपर और नीचे लगे स्विचों में से प्रत्येक से कैसे जलाई-बुझाई जा सकती है। चित्र में दिखाई गई रीति से परिपथ को मेज पर रखिए। प्रामाणिक संकेतों का उपयोग करके परिपथ का एक वैद्युत चित्र खींचिए।

23. सड़क की बत्ती-प्रणाली की नन्ही प्रतिकृति

घंटी के विसंवाही तार के दो टुकड़े काटिए, प्रत्येक की लम्बाई लगभग 3 मीटर हो। प्रत्येक तार में से 6 स्थानों पर विसंवाही पदार्थ हटा दीजिए और छोटी बत्ती के होल्डरों को पूर्वोक्त तारों के विविध स्थानों में समानान्तर में लगा दीजिए। चित्र में दिखाई गई रीति से तारों को दो कुर्सियों के बीच खींच कर लगा दीजिए। एक सिरे पर ये तार एक-दूसरे से अलग रहें। दूसरे सिरे पर इन तारों को दो शुष्क विद्युत् सेलों द्वारा संयोजित करिए। ग्राहियां (होल्डरों) में छोटे बल्ब कस कर लगाइए।

24. विद्युत् से हमें रोशनी, और गरमी कैसे मिलती है

घंटी वाले तार के दो टुकड़ों के सिरों को एक चपटे काग के भीतर डाल कर पार कर दीजिए। इस काम के योग्य चपटा काग किसी लम्बे काग के एक सिरे को काट कर बनाया जा सकता है, या इसके बदले दो छेदों वाली रबड़ की डाट का उपयोग किया जा सकता है। अब चित्र लटकाने वाले लोहे के तार की ऐंठन खोल कर और उसमें से एक इकहरा सूत्र निकाल कर सूत्र का एक छोटा टुकड़ा काट लीजिए। कागज मे से निकले तांबे के तार के सिरों पर इस छोटे लोहे के तार के सिरों को ऐंठ दीजिए और काग को किसी बोतल में लगा दीजिए। यही विद्युत् लैम्प की स्थूल प्रतिकृति का काम देगा।

विद्युत् लैम्प की इस प्रतिकृति को एक परिपथ में संयोजित करिए, जिसमें एक स्विच और एक या अधिक शुष्क विद्युत् सेल हों। स्विच को बन्द करिए और महीन तार (तंतु, फिलामेंट) के लाल होकर चमकने पर स्विच खोल दीजिए (यदि लोहे का तार आवश्यकता से मोटा होगा तो वह लाल नही हो पाएगा, तब अधिक विद्युत् सेलों को श्रेणी-योजित करना पड़ेगा)। सावधानी से लैम्प को कई बार जलाया जा सकता है, परन्तु अन्त में लोहे का तार बोतल के भीतर की हवा की आक्सीजन से युक्त हो जाता है और तब जल जाता है। बेचने के लिए बनाए गए बल्बों में हवा नहीं रहती और वोल्फ्राम के तार को इतने अधिक ताप तक तप्त किया जाता है कि वह अच्छा प्रकाश देकर चमकने लगता है। काच का

बल्ब तंतु को तो बचाना ही है, उसके अतिरिक्त वह विद्युत् लैम्पो के उपयोग को निरापद भी बना देता है।

25. संगलक (फ्यूज) विद्युत् परिपथों की रक्षा कैसे करते हैं

साधारण और जले हुए सगलकों की परीक्षा करिए। सगलक सुरक्षा की वे युक्तिया हैं जो विद्युत् परिपथ पर अधिक भार पड़ने पर, विद्युत् परिपथ को तोड़ देते हैं। जब किसी परिपथ मे इतनी अधिक धारा बहती है कि परिपथ के तारों या यन्त्रो के खराब होने का डर रहता है तो संगलक का तार पिघल जाता है।

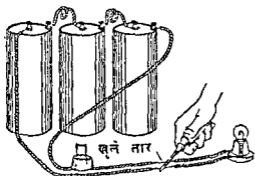
चाकलेट आदि मिठाइयों पर लपेटी हुई धातु की पन्नी लीजिए और उसमें से एक बहुत पतली कतरन काट लीजिए। अब एक काग के भीतर दो तार डालिए और उन तारों के काग से बाहर निकले हुए सिरों में इस कतरन को फसा दीजिए। यह सगलक की ऐसी प्रतिकृति होगी जो सूखे सेलों के साथ अच्छा काम कर सकेगी। जब तक प्रतिकृति ठीक काम न करे, विभिन्न प्रकार की पतली और चौड़ी पन्नियों को लेकर प्रयोग को दोहराते रहिए।

सीसे की पन्नी की कतरन

काग

26. लघु परिपथ (शार्ट सरकिट) से संगलक (फ्यूज) कैसे जल जाता है

कई सेलों और एक लैम्प के परिपथ में संगलक की पूर्वोक्त प्रतिकृति लगा दीजिए। लैम्प मे लघु परिपथ बनाइए। यदि संगलक न पिघले तो पन्नी की और भी पतली कतरन लीजिए। विभिन्न प्रकार की पतली और चौड़ी पत्तिया लेकर प्रयोग करते जाइए। संगलक को ऐसा होना चाहिए कि उचित रीति मे परिपथ के

संयोजित होने पर वह न गले, परन्तु परिपथ के 'लघु' होते ही वह गल जाए।

27. सरल संगलक-ग्राही (फ्यूज़ होल्डर) बनाना

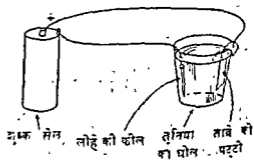
संगलकों पर प्रयोग करते समय सिगरेटों तथा अन्य सामग्री को लपेटने वाली रांगे की पन्नी बहुत काम देती है। इसकी कतरनें काटी जा सकती हैं और गोंद लगे कागज के फीते पर इनको चिपकाया जा सकता है ताकि वे चपटी बनी रहें। धातु की वह पन्नी, जिसके पीछे कागज़ चिपकाया रहता है और जो युद्धकाल में राडार को छिपाने के काम में आती थी, इस प्रयोग के लिए बहुत उत्तम है। कैंची से विविध चौड़ाइयों की कतरनें काट कर विविध गलन-ग्रहीएं प्राप्त की जा सकती हैं।

कागज़ पकड़ने के बड़े क्लिपों (बुलडाग पेपर क्लिप्स) से इन संगलकों के सिरों को लकड़ी की पट्टी या पटरी (रूलर) पर तान कर रखा जा सकता है। तब यदि इच्छा हो तो इस युक्ति को परिपथ पट्ट (सरकिट बोर्ड) में भी लगाया जा सकता है। विभिन्न लम्बाइयों और चौडाइयों की टीन (रांगे) की पन्नी मे प्रयोग करके गलने वाली धारा का पता लगाना चाहिए।

28. ताप के घटने-बढ़ने के साथ-साथ विद्युत् अवरोध किस प्रकार घटता-बढ़ता है

फूल बांधने के काम में आने वाला लोहे का एक बहुत पतला तार लीजिए, जो लगभग 7 मीटर लम्बा हो और उसकी कुंडली बना कर उसे टार्च की बैटरी और बल्ब के साथ श्रेणी-योजित कर दीजिए। कुंडली को जलती दियासलाई से गरम करिए। तब उसका अवरोध इतना बढ़ जाएगा कि धारा घट जाएगी और बत्ती बुझ जाएगी।

29. विद्युत् से तांबे की कलई करना

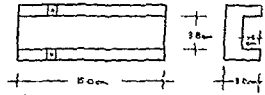
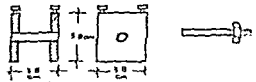
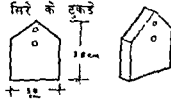
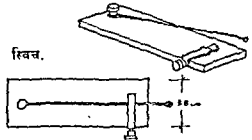
कांच के किसी बरतन में पानी लेकर उसमें इतना तूतिया (कापर सल्फेट) घोलिए कि उसका रंग गाढ़ा नीला हो जाए। तूतिया लोहे का सामान और रंग-रोगन या दवाई की दुकानों से मिल सकता है। शुष्क सेल की धन (केन्द्रीय) घुंडी से आने वाले तार को तांबे के एक टुकड़े से संयोजित करिए और उसे पूर्वोक्त घोल में डाल दीजिए। शुष्क सेल से ऋण (बाहरी) ध्रुव से आए तार को लोहे की एक कील से सम्बद्ध करिए। इस कील को पहले साफ-सुथरा कर लीजिए, इसमें मुरचा या तेल आदि न लगा रहे। इस कील को घोल में इस प्रकार रखिए कि वह तांबे को छू पाए। थोड़े ही समय में लोहे पर तांबे की कलई चढ़ जाएगी। इसी प्रकार धातु की अन्य वस्तुओं को ऋण ध्रुव से सम्बद्ध करके और घोल में रख कर उन पर भी कलई की जा सकती है।

ग. चुंबक और वैद्युत ऊर्जा

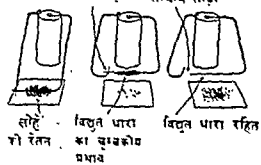
1. सरल वैद्युत यन्त्र बनाने वाला उपकरण

बिजली सम्बन्धी किसी भी काम में शुरू में जिन विभिन्न उपकरणों का प्रयोग होता है, उनमें विद्युत् चुंबक, स्विच, इत्यादि इतनी अधिक बातें सर्वनिष्ठ होती हैं कि कुछ बहुधंधी उपकरणों को बना लेना, जो कि कई प्रकार से प्रयुक्त हो सकते हों, लाभदायक होता है। 11–13 वर्ष के लड़कों के लिए निम्नलिखित उपकरण उपयोगी पाए गए हैं और आधारभूत भागों के बन जाने पर उनको संघटित (असेम्बल) करने में छुरी को छोड़ कदाचित ही किसी अन्य वस्तु की आवश्यकता पड़े। जो-जो युक्तियां यहां सुझाई गई हैं, वे ऐसी नहीं हैं कि अनजान व्यक्ति भी उन्हें अनायास ही सिद्ध कर ले। परन्तु यदि लिखित नियमों के अक्षरशः पालन में वस्तुसिद्धि करके ही कर्तव्य की इतिश्री समझ ली जाए तो फिर विषय सम्बन्धी कठिनाइयों की जानकारी प्रायः होगी ही नहीं।

इस उपकरण में लकड़ी की एक छोटी पतली चैनल होती है, जो सब प्रयोगों में आधार (पेंदी) का काम करती है; वर्गाकार सिरों वाला एक वर्गाकार फार्मर रहता है, जिससे कुंडली बनाने में, जो कि खाचे में काफी कस कर बैठती है, सहायता मिलती है; थोड़े से सयोगी पेच (टरमिनल्स) और टीन के टुकड़े इत्यादि भी रहते हैं। बस इतनी ही वस्तुओं की सहायता से मोर्स ध्वनित्र, गुंजक, घंटी-सूचक, विद्युत् चुंबक, प्रतिकर्षण-मापी और आकर्षण-मापी बनाए जा सकते हैं।

कुंडली लकड़ी के दो वर्गाकार टुकड़ों से बनती है। उनके केन्द्रों में छेद बनाए जाते हैं। दोनों टुकड़े गत्ते की नलिका से सम्बद्ध रहते हैं, जिसे इन छेदों के भीतर सरेस से चिपका दिया जाता है।

पुराने लम्बे बोल्ट का सिर काट कर उससे एक सुविधाजनक लोहे का गोड (कोर) बनाया जा सकता है।

2. विद्युत् धारा का चुंबकत्व प्रभाव

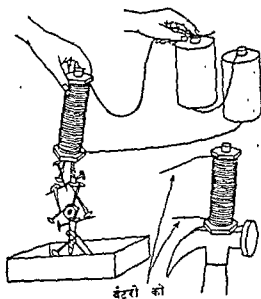
तांबे के तार के दो टुकड़े काटिए और उनके सिरों से विसंवाही पदार्थ हटा दीजिए। इन तारों को एक शुष्क विद्युत् सेल से संयोजित करिए और नंगे सिरों को चित्र में दिखाई गई रीति से अलग-अलग रखिए। किसी कागज पर लोहे की थोड़ी-सी रेतन रखिए और एक नंगे सिरे को उसके बीच से ले जाइए। अब परिपथ में धारा को बहने दीजिए और तार को शीघ्रता

से उठाइए और रेतन को देखिए। परिपथ को जोड़ दीजिए। आप देखेंगे कि रेतन गिर पड़ती है। सेल को अधिक देर तक संयोजित मत रखिए क्योंकि इस प्रकार संयोजित करने से उसकी बिजली शीघ्र समाप्त हो जाएगी।

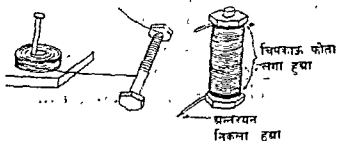
3. विद्युत्-धारा के चुंबकीय प्रभाव को दिखाने का एक और तरीका

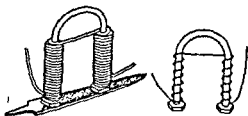
ऊपर के प्रयोग को दोहराइए परन्तु लौह रेतन के बदले चुंबकीय दिक्सूचक का उपयोग करिए। देखिए कि (1) दिक्सूचक को तार के ऊपर रखने पर और (2) उसे तार के नीचे रखने पर सूई के विचलन में क्या अन्तर पड़ता है।

4. काबले से विद्युत् चुंबक बनाना

लोहे का एक ऐसा काबला लें, जो लगभग 5 सेंटीमीटर लम्बा हो और उस पर ढिबरी तथा दो वाशर भी हों। प्रत्येक सिरे पर वाशर रखिए और काबले पर ढिबरी चढ़ा दीजिए (कसने की आवश्यकता नहीं है)। काबले पर दोनों वाशरों के बीच में घंटी (अथवा पंखे में लगने वाला) विसंवाहित तार लपेट दीजिए, किन्तु कुंडली को लपेटना आरम्भ करते समय 30 सेंटीमीटर तार को बाहर ही निकला रख छोड़िए। जब वाशरों के बीच की जगह में तार के फेरों की कई तहें भर दी जाएं तब तार को काट दें, परन्तु इस बार भी लगभग 30 सेंटीमीटर तार बाहर निकला रहे। बाहर निकले हुए तारों को काबले के सिरों के पास मोड़ दीजिए और तब वहां चिपकाऊ फीता लपेट दीजिए ताकि तार खुलने न पाए। अब बाहर निकले हुए तारों के सिरों के पास से विसंवाही पदार्थ हटा दीजिए। दो विद्युत् सेलों को श्रेणी-

योजित करिए और अपने विद्युत् चुंबक को उनमें सम्बद्ध करिए। कुछ कील-कांटों को उठाइए। जब कील-कांटे चिपके ही रहें तब बैटरी से एक तार के संयोजन को तोड़ दीजिए। लोहे या इस्पात की बनी अन्य वस्तुओं को उठाइए। जब धारा चालू रहे तब अपने विद्युत् चुंबक के प्रत्येक सिरे के ध्रुव की जांच दिक्सूचक से करिए।

5. नाल रूपी विद्युत् चुंबक बनाना

एक पतला काबला या लोहे की एक छड़ लीजिए, जिसका व्यास लगभग 5 मिलीमीटर और लम्बाई 30 सेंटीमीटर हो। इसे मोड़ कर U अक्षर की आकृति का कर दीजिए। इसकी प्रत्येक भुजा पर घंटी वाले तार (अथवा पंखे में लगने वाले तार) को कई बार लपेट कर कुंडली-सी बना दें, तथा वक्र भाग को बिना लपेटे ही छोड़ दें, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। एक भुजा के सिरे से आरम्भ करिए। संयोजन के लिए लगभग 30 सेंटीमीटर तार बाहर निकला रहे। इस भुजा पर लगभग तीन तहें लपेटिए। फिर तार को दूसरी भुजा के ऊपरी सिरे पर ले आइए, ध्यान रहे कि इस भुजा पर तार ठीक उसी प्रकार लपेटा जाए जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। इस भुजा पर भी तार की तीन तहें लपेटिए। जब यह काम समाप्त हो जाए तब तार पर फीता लपेट दीजिए ताकि तार खुलने न पाए। बाहर निकले हुए तारों के सिरों पर

से विसंवाही पदार्थ को हटा दीजिए और तारों को दो शुष्क सेलों से सम्बद्ध करिए और इस प्रकार बनाए गए विद्युत् चुंबक के ध्रुवों की जाच करिए। एक को उत्तर ध्रुव और दूसरे को दक्षिण ध्रुव होना चाहिए। यदि दोनों में एक ही प्रकार का ध्रुव है तो आपने दूसरी कुंडली को गलत दिशा में लपेटा है। यह आवश्यक है कि इस पर से तार खोल कर उसे विपरीत दिशा में लपेटा जाए।

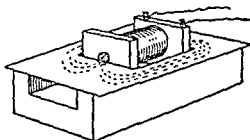
इस चुंबक से विविध वस्तुओं को उठाने की चेष्टा करिए। इस चुंबक की सामर्थ्य की तुलना पहले वाले सीधे चुंबक के बल से करिए।

6. विद्युत् चुंबक की सामर्थ्य को बढ़ाना

लोहे के सीधे काबले पर घंटी वाले तार के 100 फेरे लपेटिए। इस तार के सिरों को एक शुष्क सेल से सम्बद्ध करिए और गिनिए कि उससे कितनी छोटी कीलें उठाई जा सकती हैं। तीन बार परीक्षा करिए और जो औसत निकले उसे कीलों की संख्या मानिए, जिसे यह चुबक एक सेल की सहायता से उठा सकता है। अब इस चुंबक मे दो (श्रेणी-योजित) सेल लगाइए और प्रयोग को दोहराइए। कीलों की संख्या गिनिए। चुंबक के ऊपर लपेटे गए तारो मे विद्युत् धारा को बढा देने से चुंबक की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है?

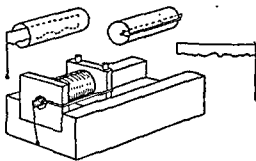
अब इसी चुबक पर उसी दिशा मे तार के 100 फेरे और लपेटिए। एक सेल लगाइए और देखिए कि आप कितनी कीलें उठा सकते हैं। तीन बार दोहरा कर औसत निकालिए। इस संख्या की तुलना कीलों की उस संख्या से करिए जो एक सेल और 100 फेरे के तार द्वारा उठाई गई थी। फेरों की संख्या बढ़ाने से सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ा? विद्युत् चुबक की सामर्थ्य को बढ़ाने के बारे में कुछ बताइए।

7. किसी कुडंली के चुंबकीय क्षेत्र का अध्ययन करना

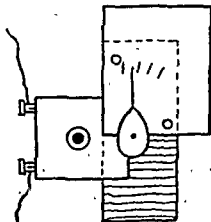
इस खण्ड के प्रयोग-1 में बनाए गए उपकरण का उपयोग करिए।

एक पोस्ट कार्ड के बीच में वर्गाकार छेद काटिए, जिसमें कि कुंडली डाली जा सके। कार्ड एक तश्तरी का काम करता है। उस पर लोहे की रेतन छिड़क कर और रेतन की जो आकृति बनती है उसे देख कर कुंडली के भीतर विभिन्न क्रोड (कोर) रखने के परिणाम का अध्ययन किया जा सकता है।

8. प्रतिकर्षण-चालित मापी बनाना

इस खण्ड के प्रयोग-1 में बनाए गए उपकरण का उपयोग करिए। टीन का लगभग 4 सेंटीमीटर × 5 सेंटीमीटर नाप का एक टुकडा लीजिए, जिसके एक सिरे पर एक तार को टांके से जोड़ दिया गया हो। यह मापी के चल भाग का काम करेगा। तार के सिरे मे एक बूंद टाका बैठाने से वह मीटर के गुरुत्व नियन्त्रक का काम देगा।

जब धारा प्रवाहित की जाती है तो कुंडली चुबकित हो जाती है। चल और अचल अंग दोनों एक ही प्रकार से चुंबकित होते हैं। इसी कारण प्रतिकर्षण होता है। अचल भाग नरम लोहे का एक तार होता है। रबड़ के छल्ले मे इसे अपने स्थान पर टिका दिया जाता है। इस यन्त्र मे 0–5 ऐंपियर के पाठ्यांक मिलेंगे, परन्तु ठीक कितना पाठ्यांक मिलेगा, यह उस तार तथा उन धातुओं के चुंबकीय गुणों पर निर्भर रहेगा जिनका आप प्रयोग करेंगे।

9. आकर्षण-चालित मापी बनाना

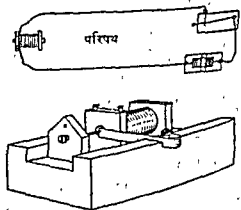
इस खण्ड के प्रयोग-1 में बनाए गए उपकरण का इस्तेमाल करिए। इस यन्त्र को बनाने के लिए लकड़ी वाली पनाली में कुंडली को पहले ही की तरह कस कर पनाली को करवट के बल रख दिया जाता है (अर्थात् पनाली का एक पार्श्व सबसे नीचे कर दिया जाता है)। पनाली के भीतर लोहे का क्रोड डाल दिया जाता है। जब धारा प्रवाहित की जाती है तो क्रोड टीन के एक टुकड़े को आकर्षित करता है, जिसकी आकृति कद्दू के बीज के समान होती है। इस टीन की धुरी एक पिन द्वारा बनाई जाती है, जिसे काठ की इष्टिका के सिरे में खोंस दिया जाता है। टीन की नोक पर रांगे का एक महीन तार जोड़ दिया जाता है। यह तार संकेतक का काम करता है। अंशांकन एक कार्ड पर किया जाता है। इस कार्ड को ड्राइंग पिनों से उचित स्थान पर स्थिर कर दिया जाता है।

ऊपर बताई गई वस्तुओं द्वारा जो-जो युक्तियां बनाई जा सकती हैं, उनमें से केवल कुछ का उल्लेख यहा किया गया है। 12 वर्ष का बालक कई अन्य यन्त्रों को बनाने की रीति स्वयं ज्ञात कर लेगा। उदाहरणार्थ विद्युत् सिगनल, चूषण-दण्ड (सकिंग बार), योजित्र (रिले), इत्यादि।

10. तारयन्त्र की चाबी और ध्वनित्र बनाना

इस खण्ड के प्रयोग-1 में बनाए गए उपकरण का फिर उपयोग करिए।

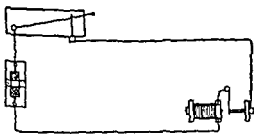
जितना भी तांबे का तार आसपास हो, उसे लपेट कर एक कुंडली बनाइए और उसके सिरों को संयोगी पेचों (टर्मिनल्स) के नीचे कस दीजिए।

तैयार हो जाने पर जब कुंडली बन जाए, तो उसे किसी पनालीदार लकड़ी की पनाली में दबा कर फंसा देना चाहिए और उसके भीतर लोहे का क्रोड डाल देना चाहिए। यदि आवश्यकता हो तो थोडा कागज ठूंस कर क्रोड को मजबूती से स्थिर कर देना चाहिए। टीन की एक पट्टी को, जो लगभग 10 सेंटीमीटर लम्बी हो, पनाली के साथ की लकड़ी में आरी से एक चीर काट कर उसमें लगभग 10 सेंटीमीटर लम्बी टीन की एक पट्टी को दबा कर लगा दें और एक संयोगी पेच (टर्मिनल) कस कर उसे स्थिर कर दें। एक लकड़ी पनाली के साथ-साथ इस प्रकार कस दी जाती है कि उसके एक छेद में कसे संयोगी पेच को पूर्वोक्त टीन की पत्ती ज़रा-सा पीछे हटने पर टकरा सके और इस प्रकार वह ध्वनित्र का काम दे सके।

जब स्विच दबाया जाता है तो कुंडली चुंबक बन जाती है। इसलिए टीन की पट्टी खिच जाती

है और क्लिक ध्वनि के साथ वह धातु के क्रोड पर आघात करती है। जब स्विच के छोड़ने पर पट्टी कमानी की तरह पीछे छटकती है तो यह सिरे वाली लकड़ी में लगे हुए संयोगी पेंच से टकरा कर क्लैक की ध्वनि करती है।

11. विद्युत् गुंजक बनाना

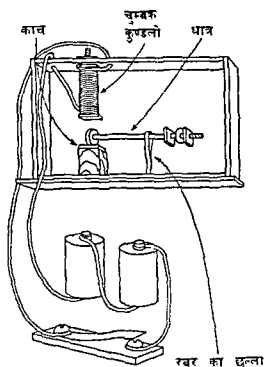
इस खण्ड के प्रयोग-1 में बनाए गए उपकरण का उपयोग करिए।

परिपथ में थोड़ा हेर-फेर कर देने से ध्वनित्र को गुंजक में बदला जा सकता है। स्मरण रहे कि स्पर्श-विन्दु शीघ्र ही गन्दे हो जाते हैं और उन्हें छुरी से बार-बार खुरचने की आवश्यकता पड़ती है।

12. सिगार बक्स की सहायता से तारयन्त्र और चाबी बनाना

कुंडली के लिए 6.5 से 8 सेंटीमीटर तक लम्बे किसी बोल्ट पर अनेमल किए तांबे के पतले तार (मैगनेट वायर) के 75 से लेकर 100 फेरे तक लपेटिए। काबले के पेच वाले भाग का इतना अंश खाली रखना चाहिए कि उसमें दो ढिबरियां और बक्स के दो पार्श्व लगाए जा सकें, ताकि कुंडली को बक्स के भीतर कसा जा सके। धात्र (आर्मेचर) के लिए गोल सिरे वाला काबला सबसे अच्छा रहता है परन्तु इसकी लम्बाई 10 सेंटीमीटर और व्यास 5 मिलीमीटर होना चाहिए। इसे पेचदार आंख (आइ) और दो ढिबरियों से इस प्रकार आरोपित करिए कि उसका सिर कुंडली के नीचे तक पहुंच जाए। लकड़ी की एक इष्टिका पर मोटे कांच का एक टुकड़ा चिपका देने से वह निहाई का काम देती है। निहाई को बक्स में अच्छी तरह चिपका दीजिए। दोनों को चिपकाने के लिए मोहर करने की लाख को गरम करके लगाइए। परन्तु किसी सरेस से भी काम चल सकता है। निहाई की ऊंचाई इतनी होनी चाहिए कि धात्र (आर्मेचर) के ऊपर 3 मिलीमीटर से कम स्थान न छूटे और यदि अधिक स्थान छूटे तो केवल नाम-मात्र को ही। अब कमानी बनानी शेष रह गई है। विद्युत्-धारा के टूटने पर जब कभी धात्र (आर्मेचर) चुंबक में ही चिपक जाता हो तो कमानी उसे बाहर खींच लेगी। इस काम के लिए रबड़ का छल्ला भी अच्छा है। इसे धात्र (आर्मेचर) पर पहना दें और एक चौड़े सिरे वाली कील द्वारा बक्स में कस दें। केवल इतना ही तनाव इसमें रहना चाहिए कि धात्र चुंबक में चिपकने न पाए।

अब चाबी भी बनाइए। लकड़ी का एक टुकड़ा लीजिए, जो लगभग 8 × 15.5 सेंटीमीटर का हो और लगभग 0 5 सेंटीमीटर मोटा हो। किसी डिब्बे से टीन की एक पट्टी काटिए, जो लगभग 2 5 × 13 सेंटीमीटर की हो। इसे रेगमाल या इस्पात के घूए से अच्छी तरह रगड़िए ताकि यदि इस पर वार्निश या मुरचा हो तो वह छूट जाए। इसके बदले दीवार वाली घड़ी की कमानी का एक टुकड़ा भी बहुत अच्छा काम देता है। छेद करने के लिए बड़ी कील का उपयोग करना चाहिए और उसे हथौड़े से जोर से ठोंकना चाहिए। लकड़ी के टुकड़े के एक सिरे के पास एक पेंच कस कर लगा दीजिए और धातु की पूर्वोक्त पट्टी को दूसरी ओर के पेंच से कस कर लकड़ी पर जड़िए। इसे इस प्रकार जड़ना चाहिए कि जब पट्टी पहले वाले पेच तक दबाई जाए, तो वह दोनों पेचों के बीच के स्थान पर पुल की तरह चढ़ी रहे।

अपने तारयन्त्र ध्वनित्र दोनों सेलों और चाबी को दिए गए चित्र के अनुसार श्रेणी-योजित करिए। अब आप यन्त्र की जांच के लिए सन्देश भेज सकते हैं। यदि चाबी को बार-बार दबाने और छोड़ने पर ध्वनित्र में 'क्लिक-क्लैक' शब्द न निकले तो इसका अर्थ यह है कि या तो आपके उपकरण

की सन्धियां ढीली हैं या रबड़ के छल्ले को ढीला करने की आवश्यकता है।

13. गुंजक बनाने की एक दूसरी विधि

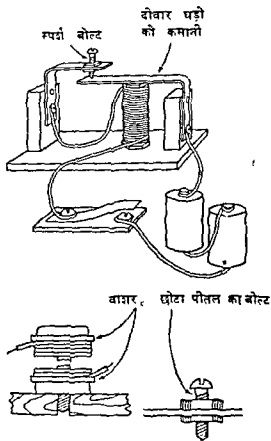
गुंजक मूलतया वैसा ही होता है जैसा कि तार-यन्त्र; अन्तर केवल इतना ही है कि परिपथ बन्द करने पर 'क्लिक' ध्वनि के बदले गुंजक से लगातार भनभनाने की ध्वनि निकलती रहती है। इसमें ऐसी व्यवस्था रहती है कि जब तक आप चाबी को दबाए रहेंगे तब तक अपने आप परिपथ प्रति सैकंड कई बार टूटता और जुड़ता रहेगा। धात्र इतने वेग से कम्पायमान होता है कि उसमें से भनभनाने की ध्वनि निकलती है। जब तक चाबी दबी रहेगी तब तक यह ध्वनि निकलती रहेगी। तार की तरह सन्देश भेजने के लिए गुंजक भी अच्छा काम देता है। छोटी भन्नाहट से बिन्दु और लम्बी से डैश; इसकी ध्वनि रेडियो की सन्देश-पद्धति से मिलती-जुलती है। इसलिए यदि रेडियो से सन्देश भेजना सीखना हो तो तार-यन्त्र की अपेक्षा गुंजक अधिक उपयुक्त होगा।

पेंदी और उस पर लगाई जाने वाली वस्तुओं के लिए तीन टुकड़ों की आवश्यकता होगी, जिनकी लम्बाई-चौड़ाई निम्नलिखित है : 13 × 15.5 सेंटीमीटर, 5 × 5 सेंटीमीटर और 5 × 7.5 सेंटीमीटर। (सबकी मोटाई लगभग 2 सेंटीमीटर हो)। चुंबक को पकड़े रहने के लिए पेंदी की लकड़ी में बर्मी से एक छेद करिए, जो चुंबक के छेद से कुछ छोटा हो। यह छेद एक सिरे से लगभग 6.5 सेंटीमीटर इधर ही रहे। चुंबक बनाने के लिए लोहे का सामान बेचने वालों से 18 सेंटीमीटर लम्बा और 4 सेंटीमीटर व्यास का एक काबला खरीदिए। इस पर दो वाशर चढ़ा दीजिए। ये कुंडली को अगल-बगल में पकड़े रहेंगे। एक ढिबरी भी चढ़ा दीजिए, पेच वाले सिरे की ओर पेच 1.5 सेंटीमीटर से कुछ अधिक ही निकला रहे। इस पर सफाई से घंटी वाले तार के 100 फेरे लपेटिए। दोनों सिरों पर लगभग 45 सेंटीमीटर तार कुंडली से बाहर निकला रहे। या तो अन्तिम फेरे के बाद तार को बांध दीजिए या उस पर फीता लपेट दीजिए, ताकि तार खुले नहीं। अब कुंडली को पेंदी पर जड़ दीजिए। इसके लिए काबले के पेचदार सिरे को लकड़ी के छेद में ऐंठ दीजिए।

कम्पनकारी (वाइब्रेटर) बनाने के लिए पतले लोहे की 2 सेंटीमीटर चौड़ी और 10.5 सेंटीमीटर लम्बी पट्टी लीजिए और उसे समकोण पर इस प्रकार मोड़ दीजिए कि एक भुजा 7.5 सेंटीमीटर लम्बी रहे। यह काम दीवार घड़ी की कमानी का एक टुकड़ा लेकर और उसे नरम करके भी किया जा सकता है। नरम करने के लिए इसे आग से लाल करके धीरे-धीरे ठण्डा होने देना चाहिए। छोटी भुजा में दो छेद करिए और ज़ोर से हथौड़ा मार कर बड़े कील की नोक को उसमें घुसा दीजिए। पूर्वोक्त तीन लकड़ियों में से सबसे छोटी वाली पर इस पट्टी को पेच से कसिए और इस लकड़ी को पेंदी पर कील से जड़ दीजिए। ध्यान रहे कि कम्पनकारी चुंबक से 3 मिलीमीटर से अधिक की ऊंचाई पर न रहे। यदि यह ऊंचाई ठीक न हो तो बाद में कम्पनकारी को पीछे मोड़ कर इसे ठीक किया जा सकता है।

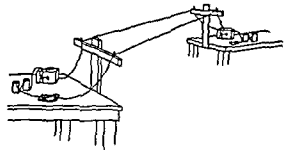
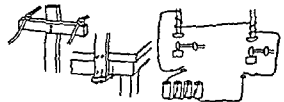
स्पर्श-बिन्दु के लिए पीतल का एक छोटा-सा काबला लीजिए, जो लगभग 2.5 सेंटीमीटर लम्बा

और 6 मिलीमीटर व्यास का हो और उस पर दो ढिबरियां चढ़ी हों। 5 सेंटीमीटर की कानी या इलेरन (ऐंगल आयरन) भी चाहिए। कोनिया के एक छेद में पीतल वाले बोल्ट को कस दें। फिर कोनिया को 5×7.5 सेंटीमीटर वाली लकड़ी पर इस प्रकार आरोपित करिए कि जब लकड़ी को अपने स्थान पर कीलों से जड़ दिया जाए तो कोनिया की क्षैतिज भुजा कम्पनकारी से लगभग 1.5 सेंटीमीटर की ऊंचाई पर रहे।

अब अपने गुंजक को दो सेलों और अपनी बनाई एक चाबी से संयोजित करिए। इस बात का ध्यान रहे कि सब सन्धियां कसी रहें और जहां-जहां तार जोड़ा जाए वहां का विसंवाही पदार्थ अच्छी तरह हटा दिया जाए। चाबी को दबाए रखिए और पीतल के काबले को घुमा कर इतना नीचा करिए कि वह कम्पनकारी को स्पर्श करे। यदि वह कम्पन करना आरम्भ न करे तो रेगमाल या इस्पात के घूए से स्पर्श-बिन्दु के नीचे के तल को अच्छी तरह चिपका

दें। जब कम्पन आरम्भ हो जाए, तो स्पर्श-पेच को अधिक सूक्ष्मता से समंजित करके ध्वनि के स्वर को सुधारा जा सकता है। इसके अतिरिक्त, कम्पनकारी को मोड़ कर कम्पनकारी और चुंबक के बीच के स्थान को लगभग दोहरे पोस्टकार्ड की मोटाई के बराबर कर देना चाहिए।

अब आप संकेत भेजने का अभ्यास कर सकते हैं। यदि कई-एक गुंजक बनाए जाएं तो आप कमरे में कुछ दूरी पर रख कर उन्हें संयोजित कर सकते हैं या आप दो मकानों के बीच सन्देश भेज सकते हो।

14. द्विमार्गी तार प्रणाली को संयोजित करना

ऊपर के प्रयोग—12 में बनाए गए उपकरणों के समान दो तारयन्त्र ध्वनित्र और दो चाबियां लीजिए और फिर यहां दिए गए चित्रों का अनुसरण करके द्विमार्गी तार प्रणाली तैयार करिए।

जब एक चाबी से संकेत भेजा जा रहा हो, तो दूसरी चाबी को दबा कर बांध देना चाहिए ताकि उसके द्वारा धारा बह सके।

15. विद्युत् घंटी बनाना

यदि आप चित्रों का अध्ययन करेंगे तो आप देखेंगे कि थोड़ी-सी बेकार वस्तुओं से एक ऐसी घंटी बनाना कितना सरल है, जिसे शुष्क विद्युत् सेलों की सहायता से सुन्दरता से बजाया जा सके।

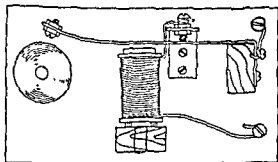
M14DPD/63—30

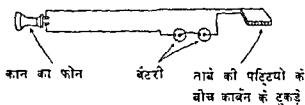
आपको पटरे के तीन टुकड़ों की आवश्यकता होगी—एक तो पेंदी के लिए, जो लगभग 13×18 सेंटीमीटर का हो; एक चुंबक को अपने स्थान पर स्थिर रखने के लिए और एक कम्पनकारी (वाइब्रेटर) के लिए, जो कि प्रत्येक लगभग 5×5 सेंटीमीटर नाप के हों। चुबक बनाने के लिए 8 सेंटीमीटर लम्बे काबले पर चुबक पर लपेटे जाने वाले सूत-मढ़े तार के या घंटी वाले तार के कम-से-कम 100 फेरे लपेटिए। तार इस तरह लपेटें कि चुंबक बन जाने पर तार के दोनों सिरे कई सेंटीमीटर तक कुंडली के बाहर निकले रहें। इस कुडली में तार लपेटने से पहले कावले पर दो वाशर और एक ढिबरी चढ़ा कर रील-सी बना लें। कावले के पेच वाले सिरे की ओर कम-से-कम 1.5 सेंटीमीटर भाग छूटा रहे। इस भाग को लकडी की इष्टिका मे कस कर चुबक को टिकाया जाएगा, जैसा कि चित्र मे दिखाया गया है। पेंदी के लगभग मध्य में चुबक को उचित नाप की कीलों से जड दीजिए।

कम्पनकारी (अर्थात् घंटी बजाने वाले पुर्जे) बनाने के लिए दीवार घडी की कमानी का 18 सेंटीमीटर लम्बा एक टुकडा लीजिए, जिसकी चौड़ाई 1.5 सेंटीमीटर से कम न हो। इसे नरम कर लें। आपके नगर का घड़ीसाज आपको कोई पुरानी कमानी दे देगा। उसका एक टुकड़ा लीजिए और नरम करने के लिए उसे तपा कर लाल करिए। गैस की ज्वाला में या गैस न हो तो रसोई बनाने की आग में ही, कमानी को तपाया जा सकता। ध्यान रहे कि कमानी लाल हो जाए। तब उसे धीरे-धीरे ठण्डा करिए। ऐसा करने से उसका कमानीपन कुछ कम हो जाएगा और नरम हो जाने के कारण वह चुबकत्व को धारण नही कर सकेगी। एक छेद इसके एक किनारे के बहुत पास करिए और दूसरे सिरे के पास,दो छेद करिए, जिनके बीच की दूरी लगभग 2.5 सेंटीमीटर हो। एक छेद वाले सिरे पर छेद मे छोटे बोल्ट को दो ढिबरियों की सहायता से कस कर लगा दीजिए। यह घटी बजाने की मुंगरी (छोटी हथौड़ी) का काम देगा। दूसरे सिरे पर कमानी का लगभग 4 सेंटीमीटर लम्बा भाग समकोण पर मोड़ दीजिए और उसे लकड़ी की इष्टिका पर छोटे पेचों से कस दीजिए। फिर, इष्टिका को पेंदी पर कस दें। इसे ऐसी स्थिति में रखना चाहिए कि कम्पनकारी कमानी चुंबक से 6 मिलीमीटर पर रहे।

स्पर्श-बिन्दु के लिए आधार बनाने के लिए 2.5 सेंटीमीटर की कोनी या इंग्लेरन (ऐंगल आयरन) बहुत अच्छा काम देगी। एक छोटा काबला लीजिए, जिसकी लम्बाई लगभग 10 मिलीमीटर हो। उस पर चित्र में दिखाई गई रीति से दो ढिबरियां चढ़ाइए। कावला पीतल का हो तो अच्छा है। इसे पेंदी पर पेचों से जड़िए। अब यह काबला एक सन्तोषजनक स्पर्श का काम करेगा। स्पर्श-बिन्दु मुंगरी वाले सिरे से लगभग 9 सेंटीमीटर हट कर हो। कसने के पहले कम्पनकारी कमानी को चुंबक से उल्टी ओर केवल इतना मोड़ देना चाहिए कि जब कमानी स्पर्श-बिन्दु से लग जाए तो वह उसे पर्याप्त बल से दवाती रहे। हां, इस पर भी ध्यान रखना चाहिए कि जब स्पर्श-बिन्दु को समंजित कर दिया जाए तो कमानी चुंबक के सिरे से लगभग 6 सेंटीमीटर दूर रहे, जैसा कि पहले भी बताया जा चुका है।

घंटी को आरोपित करने के पहले तारों को संयोजित कर लीजिए और आवश्यक समंजन करिए ताकि मुंगरी सजीव कम्पन करने लगे। तब कम्पायमान मुंगरी को देख कर आप घंटी की ठीक स्थिति का निर्धारण सुगमता से कर सकेंगे। तारों के जोड़ने की विधि स्पष्ट रूप से दिखाई गई है। अब दो विद्युत् सेलों को संयोजित करिए और स्पर्श-बिन्दु को आगे या पीछे हटा कर उसको ठीक करिए। अगर समंजन ठीक हुआ तो घड़ी की कमानी जोर से कम्पन करने लगेगी। यह ध्यान रहे कि सब सन्धियां ठीक रहें और घड़ी की कमानी, जहां पर स्पर्श-बिन्दु को दबाए वहां उसे रेगमाल से रगड़ कर या खुरच कर पूरी तरह साफ कर दिया जाए। स्पर्श-काबले के सिरे को भी रेगमाल से रगड़ देना चाहिए। जब मुंगरी कम्पन कर रही हो तो यह पता लगाइए कि

घंटी को कहां पर और किस स्थिति में लगाना चाहिए और वहीं उसे पेंदी पर जड़ दें। कमानी को थोड़ा-बहुत मोड़ने अथवा स्पर्श पर दाब घटाने-बढ़ाने से या चुंबक तथा कम्पनकारी के बीच के स्थान में परिवर्तन करने या स्पर्श-बिन्दुओं पर फिर से रेगमाल फेरने से शायद यन्त्र और भी अच्छा काम दे सके।

16. सरल टेलीफोन लाइन लगाना

तांबे की चादर के दो टुकड़े लीजिए, प्रत्येक लगभग 10 सेंटीमीटर वर्ग का हो। प्रत्येक में छेद करके लम्बा घंटी वाला तार जोड़ दें, परन्तु इसके पहले तारों के सिरों से विसंवाही पदार्थ हटा दें। अच्छा यह होगा कि तारों को तांबे की चादरों पर झाल दिया जाए। किसी पुराने शुष्क सेल से कार्बन की छड़ निकाल लीजिए। उसे तोड़ कर टुकड़े-टुकड़े कर डालिए, जो लम्बाई में लगभग 5 मिलीमीटर के हों। एक नाप के टुकड़ों को चुनिए। लगभग मुट्ठी भर टुकड़ों की आवश्यकता पड़ेगी। फिर एक सिगार बक्स और एक अलार्म घड़ी लीजिए, अलार्म घड़ी को बक्स पर रखिए, घड़ी का मुंह ऊपर रहे। तांबे की एक पट्टी को अलार्म घड़ी पर रखिए। इस पट्टी के तार को दो श्रेणी-योजित शुष्क सेलों से सयोजित करिए। बैटरी के दूसरी ओर टेलिफोन के चोंगे को सयोजित करिए। इस चोंगे के दूसरे तार को दूसरे तांबे के टुकड़े से संयोजित करिए। अब कार्बन के टुकड़ों को तांबे के एक टुकड़े पर रखिए और दूसरे टुकड़े से उसे ढक दें। चोंगे में कान लगा कर सुनिए। आपको घड़ी की टिक-टिक सुनाई पड़ेगी। सम्भवतः आपको ऊपर वाले तांबे के टुकड़े को जरा-सा इधर-उधर खिसका कर उसे समंजित करना पड़ेगा।

17. सरल टेलीफोन प्रेषी बनाना

सिगार बक्स के ऊपरी तल में छुरी की नोक से दो खाचे काटिए, जो समानान्तर हों और एक-दूसरे से 4 सेंटीमीटर पर हों। प्रत्येक खाचे मे एक रेज़र ब्लेड कस कर बैठा दीजिए। ब्लेड अपने स्थान पर मज़बूती मे फंसे रहे। यदि वे ढीले हों तो उन्हे मुहर वाली गरम लाख से सुस्थिर कर दें। इसके लिए ब्लेडो को गरम करिए तथा लाख पर रगड़िए और फिर तुरन्त, गरम दशा में ही, उनको खाचों में बैठा दीजिए। विद्युत्-संयोजन के लिए प्रत्येक ब्लेड मे एक तार लगा दें। अब पेंसिल के एक छोटे टुकड़े को दोनो ओर से छील कर नुकीला कर लें और उसे इन दोनों पड़ोसी ब्लेडों की धार पर रख दे। ध्यान रहे कि पेंसिल इतनी दूर तक छीली गई हो कि बीच का काला कार्बन, ब्लेडों को ही छूता रहे न कि लकडी को। आपका टेलीफोन तैयार हो गया।

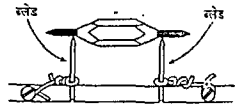
कही से एक टेलीफोन का चोंगा प्राप्त करिए, जहा से वह आसानी से मिल सके। यदि आप टेलीफोन कम्पनी के किसी कर्मचारी को जानते है तो सम्भव है कि वह कोई पुराना चोंगा आपको दिला सके। चित्र मे दिखाई गई रीति से शुष्क सेलों को सयोजित करिए।

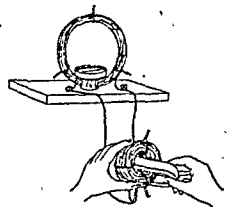
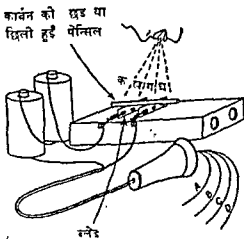
सन्धियो की परीक्षा के लिए चोंगे को कान मे लगाइए और पेंसिल को उठाइए-बैठाइए। उसे इधर-उधर खिसकाइए। तब फोन में वैसी ही खड़खड़ाहट सुनाई पड़नी चाहिए जैसी रेडियो मे आकाशीय विद्युत् के कारण सुनाई पड़ती है।

अपने फोन को बातचीत सुनने के योग्य बनाने के लिए यह विधि अपनाइए—बक्स पर एक अलार्म घड़ी रखिए; फोन में सुनते रहिए और पेंसिल की स्थिति को इस प्रकार समजित करिए कि घड़ी

के टिकटिकाने की ध्वनि साधारण से दुगुनी या तिगुनी तेज सुनाई पड़े । जब सुग्राही स्थिति मिल जाए तब घड़ी को हटा दीजिए और बक्स में सीधे और स्पष्टता से कुछ बोलने पर आपको सुनाई पड़ना चाहिए । हां, आपको अपने दूसरे कान को बन्द करना होगा या फिर तार ही इतना लम्बा होना चाहिए कि वह आपसे दूर रहे ।

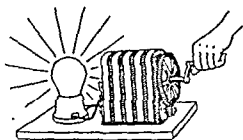
सिगार बक्स से अपने कहे गए शब्दों को पुन. सुनना और उन्हें तार की सहायता से दूर भिजवाना जादू से कुछ कम नहीं है । परन्तु यहां तो यह काम पूरा हो ही गया है । समझने की चेष्टा करिए कि यह कैसे हो पाता है । इतना तो आप जानते ही होंगे कि आपके स्वर की ध्वनि-तरंगें बक्स को कम्पायमान कर देती हैं । अपनी अंगुलियों को बक्स पर रख कर कुछ बोलिए और बक्स में होने वाली कम्पनों का अनुभव करिए । बक्स की कम्पन के कारण पेंसिल भी उसी तरह खड़खड़ाने या कम्पन करने लगती है । इसके फलस्वरूप विद्युत्-धारा की एकरूपता मे विकार उत्पन्न होता है और वह न्यूनाधिक होने लगती है । चोंगे के विद्युत् चुंबक में यही धारा जाती है । इसी से चोंगे का तनुपट (डायाफ्राम) भी खड़खड़ाने या कम्पन करने लगता है और उससे उसी प्रकार की ध्वनि-तरंगें निकलने लगती है, जिस प्रकार की तरंगें लाइन की दूसरी ओर बक्स पर पड़ती हैं। बक्स को रगड़िए और चोंगे में उसकी ध्वनि सुनिए । बक्स पर बालू के कण गिराइए और

फोन में उनके गिरने की ध्वनि सुनिए । मेज को ठोंकिए और फोन में सुनिए कि क्या इन परीक्षणों में दिए गए विवरण की पुष्टि होती है ।

18. चुंबक और कुंडली की सहायता से विद्युत् उत्पन्न करना

इस प्रयोग के लिए आपके उस सुग्राही धारा-परिचायक की आवश्यकता पड़ेगी जिसे आपने खण्ड-ख के प्रयोग-8 में बनाया था । घंटी वाले तार को लगभग 50 फेरे देकर एक कुंडली बनाइए । सिरे वाले तारों को धारा-परिचायक से सम्बद्ध करिए । ये तार इतने लम्बे रहे कि परिचायक के दिक्सूचक पर कुंडली के पास के चुंबक का कोई प्रभाव न पड़े । कुंडली को स्थायी नाल-चुंबक के एक ध्रुव के ऊपर ले जाइए । दिक्सूचक को देखते रहिए । अब कुंडली को चुंबक-ध्रुव से अलग ले जाइए और दिक्सूचक को देखिए । कुंडली को दूसरे ध्रुव के पास ले जाइए और हटा लीजिए । अब कुंडली को स्थिर रख कर चुंबक की एक भुजा को शीघ्रतापूर्वक कुंडली के भीतर डाल दीजिए । कुंडली जब कभी चुंबकीय बल-रेखाओं को काटती है तब कुंडली में विद्युत्-धारा उत्पन्न हो जाती है ।

19. हाथ के जनित्र की सहायता से विद्युत् उत्पन्न करना

इस प्रयोग के लिए पुराने ढंग की दीवार वाले टेलीफोन के एक मैगनेटो की आवश्यकता पड़ेगी । इस तरह का टेलीफोन आज भी खेतो पर बने मकानों मे काम आता है (यह अमरीका की बात है) । यदि आपका कोई मित्र टेलीफोन कम्पनी में काम करता हो तो बहुत सम्भव है कि वह आपको एक मैगनेटो मुफ्त ही दिला सके, क्योंकि अब उनके बदले बहुधा आधुनिक प्रकार के टेलीफोन लगने लगे है ।

बक्स से मैगनेटो को निकाल लें और इसे लगभग 15.5×30 सेंटीमीटर के पटरे के सिरे की ओर लगा दे । पटरे के दूसरे सिरे के पास एक साधारण बल्बग्राही को कस कर लगाइए । इस ग्राही के संयोगी पेचों (टर्मिनल्स) को जनित्र (जेनरेटर, मैगनेटो) से सयोजित करिए । होल्डर में 10 वाट, 100 वोल्ट का बल्ब लगाइए ।

अब इस यन्त्र मे काम लिया जा सकता है । हत्थे को इस वेग से घुमाइए कि बल्ब जलने लगे। हत्थे को धीरे-धीरे घुमाने पर बल्ब की रोशनी कम हो जाती है । तेज घुमाने पर रोशनी बढ़ जाती है, ऐसा क्यों होता है ? अपनी आंखे बन्द कर लीजिए और जनित्र को अपने हाथ से चलाते जाइए । किसी से कहिए कि कभी वह बल्ब निकाल ले, कभी लगा दे । क्या आप इसके आधार पर कि हत्थे को घुमाने मे कितना बल लग रहा है, यह बता सकते है कि बल्ब कब लगा हुआ है और कब निकला हुआ है ? जब लैम्प जलता रहता है तो

हत्थे को घुमाने में अधिक बल क्यों लगता है ? साइकिल मे लगाए जाने वाले डायनमो से भी यह प्रयोग किया जा सकता है, परन्तु तब बल्ब के जलने या बुझने पर आवश्यक बल की मात्राओ का अन्तर प्रायः नही के बराबर होता है ।

20. पिन और कार्क से मोटर बनाना

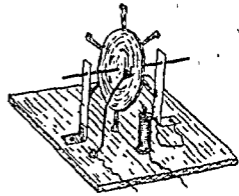
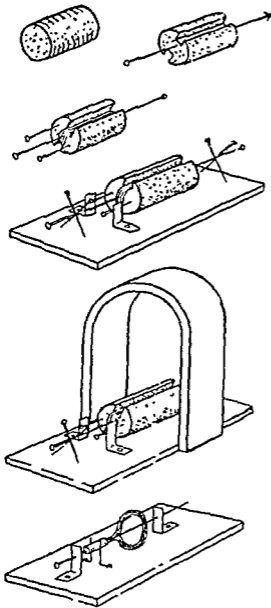
इस मोटर का धात्र (आर्मेचर) विसंवाहित पतले तार द्वारा बनाया जाता है । काग मे रेजर ब्लेड से खांचे काट कर तार को इसमे लपेटा जाता है । काग के प्रत्येक सिरे मे एक-एक पिन खोंस कर उनसे धुरी का काम लिया जाता है । तार के दोनों सिरों को (नंगा करके, अर्थात् विसंवाही पदार्थ हटा कर) दो अन्य पिनो पर लपेट दिया जाता है । ये पिनें सयोगी पेच (टर्मिनल) की तरह काम करती है और इन्ही के द्वारा धारा कुंडली में प्रविष्ट होती है और निकलती है । पतले टीन या तांबें की पत्तियों की कतरनों से ब्रुश का काम लिया जाता है । इन्हे पेंदी पर ड्राइंग पिनों से जड़ दिया जाता है ।

इन सब के ऊपर यथास्थान एक नाल-चुबक को रख देने मे ढाचा (मॉडल) पूरा तैयार हो जाता है । इसे एक शुष्क सेल से चालू किया जा सकता है ।

बहुत छोटा धात्र (आर्मेचर) तो काग के बिना ही बनाया जा सकता है, पिन भी एक ही लगती है । कुंडली बनाने के लिए तार को पहले पेंसिल के चारों ओर लपेटा जाता है और फिर उसे पेंसिल से निकाल कर उस पर एक तागा बांध दिया जाता है । पिन पर गोंद लगा कागज चिपका कर पिन को एक बेलन-सा बना दिया जाता है और उसी पर कुंडली के सिरे तागे मे बांध दिए जाते हैं । इस प्रकार दिक्परिवर्तक (काम्यु-टेटर) बन जाता है ।

टीन के छोटे टुकड़ों को मोड़ कर आधार बना दिया जाता है और पतले तार दिक्परिवर्तक तक धारा लाते हैं और वहां से ले जाते हैं ।

21. आकर्षण-चालित मोटर बनाना

इस मोटर में नरम लोहे के धात्र (आर्मेचर) को एक विद्युत् चुंबक द्वारा आकर्षित किया जाता है। धात्र में एक धारा-वियोजक लगा देने से सतत (लगातार) गति प्राप्त होती है। धारा-वियोजक के कारण मोटर के विविध खण्ड बारी-बारी से आकर्षित होते हैं। इसमें लोहे की 7 सेंटीमीटर लम्बी कीलें लगाई जाती हैं, जिन्हें लोहे की चादर से ठप्पा मार कर काटा जाता है। (नरम लोहे की बनी अन्य प्रकार की कीलों से भी काम चल सकता है)। धात्र के लिए 6 कीलों की आवश्यकता पड़ेगी

और एक कील विद्युत् चुंबक के लिए चाहिए।

धात्र बनाने के लिए गत्ते से तीन वृत्त काटिए, प्रत्येक 6 सेंटीमीटर व्यास का रहे। इनमें से एक में बराबर-बराबर दूरियों पर त्रिज्या की दिशा में 6 चीर काटिए, जिनमें कील बैठ सकें और शेष वृत्तों को इस पर चिपका दीजिए—एक इस ओर, दूसरा दूसरी ओर। फिर 2 सेंटीमीटर की त्रिज्या से धात्र पर एक वृत्त खींचिए और उसकी परिधि पर 12 छेद बराबर-बराबर दूरियों पर करिए। इन छेदों में 18 नम्बर का नंगा (बिना विसंवाही पदार्थ वाला) तांबे का तार इस प्रकार डाल दीजिए जैसे सिलाई की जाती है। इस प्रकार 6 स्पर्श (कांटैक्ट्स) बन जाते हैं। इस तार के सिरों को धुरी से संयोजित कर देना चाहिए। इसके लिए तार के खुले सिरे को धुरी पर लपेट देना ही काफी होगा। धुरी के लिए बुनने की (धातु की) सलाई का उपयोग किया जाता है।

विद्युत् चुंबक बनाने के लिए गत्ते के दो वृत्तों के भीतर में एक कील डाल दें। इन वृत्तों के बदले पानी के नल के पुराने वाशरों से काम लिया जा सकता है। ये वृत्त या वाशर कुंडली की बगली का काम देते हैं। कील पर घंटी के विसंवाहित तार के दो फेरे लपेटिए। तैयार हो जाने पर इस विद्युत् चुंबक को एक पटरे में जड़ दीजिए। यह पटरा पेंदी का काम देगा।

साधारण डिब्बे के टीन से दो कतरनें काट कर धात्र के लिए आधार बनाइए। धुरी के लिए और पटरे पर जड़ने के लिए नुकीली कील से छेद करिए।

पुर्जों को एकत्र करने की रीति को तथा अन्य ब्यौरों को, जिनमें यह नंगा तार भी सम्मिलित है

जो स्पर्श करने का काम करता है, चित्र में देखा जा सकता है ।

यदि कम वोल्टता की प्रत्यावर्ती धारा उपलब्ध हो, उदाहरणार्थ घंटी के लिए बने परिणामित्र (ट्रांसफार्मर) से, तो बिना धारा-वियोजक के भी काम चल जाएगा । तब प्रत्यावर्ती धारा को विद्युत् चुंबक में सीधे जाने देना चाहिए । थोड़े से अभ्यास के बाद धात्र को ठीक ऐसे वेग से नचाया जा सकता है कि वह धारा के प्रत्यावर्तन के साथ-साथ चले । यह बिजली से चलने वाली विद्युत् घड़ी की मोटर की क्रिया को स्पष्ट कर देती है ।

22. एक अन्य सरल मोटर

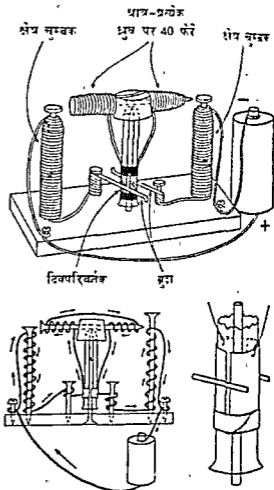
इस सरल मॉडल से आपको वास्तविक सन्तोष मिलेगा । इसमें बैटरी की धारा से क्षेत्र-चुंबक (फील्ड मैगनेट) भी उत्तेजित होता है और धात्र कुंडली भी ।

20 × 25.5 सेंटीमीटर की पेंदी के लिए एक पटरा तैयार करिए । पटरे के ठीक केन्द्र में एक छोटा-सा छेद करिए और उसमें नीचे से 15.5 सेंटीमीटर लम्बी कील ऊपर को निकालिए। दो अन्य 15 सेंटीमीटर की कीलें लीजिए और उन पर घंटी वाले विसंवाहित तार के 100 फेरे सफाई से लपेट दीजिए। प्रत्येक सिरा कुंडली से लगभग 30 सेंटीमीटर बाहर निकला रहे । इन कीलों को पेंदी में एक-दूसरे से 15.5 सेंटीमीटर की दूरी पर ठोक दीजिए । केन्द्रीय कील से 5 सेंटीमीटर की दूरी पर दो छोटी कीलें, एक इधर और एक उधर, इस प्रकार ठोंक दें कि इन कीलों को मिलाने वाली रेखा पटरे की लम्बाई से 45 का कोण बनाए) । प्रत्येक कुडली के एक सिरे पर से विसंवाही पदार्थ हटा कर इन छोटी कीलो पर लपेटिए (एक कुंडली के सिरे को एक पर, दूसरी के सिरे को दूसरे पर) और शेष को इस प्रकार मोड़ दें कि वह केन्द्रीय कील को कमानी की तरह छूता रहे । ये भाग ब्रुश की तरह काम करेंगे । ध्यान रहे कि क्षेत्र कुंडलियां उचित दिशा में लपेटी जाएं । चित्र में लपेटने की दिशा आदि के ब्यौरे पूर्ण रूप से दिखाए गए हैं । अन्य किसी रीति से यन्त्र काम नहीं कर सकेगा । कुंडलियों के दूसरे सिरों को पेंदी के कोनों में जड़े पेचों पर लपेट देना चाहिए ।

अब आपके क्षेत्र चुंबक और ब्रुश, जो मोटर के चार परमावश्यक भागों में से दो हैं, तैयार हैं । केवल धात्र कुंडली और दिक्परिवर्तक (काम्युटेटर) इन दोनों को ही बनाना शेष है । 4 सेंटीमीटर व्यास के एक काग के माथे के पास बर्मी से एक बड़ा छेद करिए और उसमें 13 सेंटीमीटर लम्बी एक कील डाल दीजिए । उसके प्रत्येक सिरे पर घंटी के विसंवाहित तार के 40 फेरे लपेटिए । ध्यान रहे कि लपेटने की दिशा वही रहे जो दिखाई गई है । खुले सिरों में लगे हुए विसंवाही पदार्थ को खुरच डालिए । अब काग के केन्द्र को गोल रुखानी से सफाई से काट कर निकाल डालिए । चाकू से इस गड्ढे को ठीक गोल कर दीजिए और इस गड्ढे में 10.5 या 13 सेंटीमीटर लम्बी परीक्षण-नलिका का बन्द सिरा कस दीजिए । बस, धात्र कुंडली तैयार हो गई ।

अब दिक्परिवर्तक बनाइए । तांबे की चादर से दो आयताकार टुकड़े काटिए; लम्बाई लगभग 4 सेंटीमीटर हो और चौड़ाई इतनी हो कि परीक्षण-नलिका पर चढ़ाने पर पूरी परिधि लगभग ढक जाए, केवल 6 मिलीमीटर का स्थान बचा रहे । इन टुकड़ों को बेलनाकार आकृति दीजिए ताकि वे परीक्षण-नलिका पर लगभग कस कर बैठ सकें। प्रत्येक में एक छोटा छेद कर दें और धात्र पर लपेटे गए तार के खुरचे सिरों को इन छेदों में पहना कर ऐंठ द या झाल दें । तब इन दिक्परिवर्तक पत्रों को परीक्षण-नलिका पर उचित स्थान में रख कर चिपकाऊ फीते से सिरे पर और एकदम नीचे अच्छी तरह बांध दीजिए ।

अब आपका घूर्णक (रोटर), जो धात्र और दिक्परिवर्तक से बनता है, पूरा हो गया । इसे ऊर्ध्वाधर धुरी के ऊपर ऊर्ध्वाधर रख दीजिए और

ब्रुशों का दिक्परिवर्तन से स्पर्श करा दीजिए। अब यदि आपके फेरे और सन्धियां दिखाई गई रीति के अनुरूप हैं तो उन्हें एक या दो विद्युत् सेलों से संयोजित करिए। तब धात्र को ज़रा-सा ढकेल देने पर वह सजीवता से नाचने लगेगा। यदि धात्र नहीं चलता तो ब्रुशों की परीक्षा करिए कि वे दिक्परिवर्तक को हल्के-हल्के परन्तु निश्चित रूप से छू रहे हैं या नहीं। ब्रुशों के कोण को बदल देने से भी कुछ सहायता मिल सकती है। इस बात की जाच करने के लिए छोटी कीलों पर से ब्रुशों को खोल लीजिए और उन्हें अंगुलियों से दबा कर इस प्रकार पकड़िए कि वे दिक्परिवर्तक पत्रों को हल्के-हल्के छूते रहें। दोनों तार बराबर परस्पर समानान्तर रहें। अब किसी सहायक से कहिए कि वह धात्र को अपने हाथ से घुमाता रहे और आप ब्रुशों की दिशा बदलते रहिए। उस स्थिति को देखिए जहां धात्र सबसे अधिक वेग से नाचता है और ब्रुशों को उसी स्थिति में स्थिर करिए। थोड़े धैर्य से सफलता अवश्य मिलेगी और यह रोचक और शिक्षाप्रद खिलौना बनाने में आपको जो परिश्रम करना पड़ा होगा उसका आपको पूर्ण सन्तोष होगा।

घ. वैद्युत ऊर्जा से उष्मा और प्रकाश

1. वैद्युत ऊर्जा से उष्मा और प्रकाश कैसे पाए जाएं

इस अध्याय के खण्ड-ख का प्रयोग-24 देखिए।

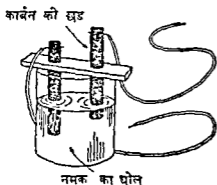
2. सरल धारा-नियन्त्रक बनाना

आगे आने वाले कुछ प्रयोगों में आपको विद्युत्-धारा की सामर्थ्य को घटाने की आवश्यकता पड़ेगी।

परिपथ के किसी बिन्दु पर धारा को किसी मंद संवाहक द्वारा प्रवाहित करके धारा की सामर्थ्य घटाई जा सकती है। इस मंद संवाहक को प्रतिरोध (रेज़िस्टेंस) या धारा-नियन्त्रक (रियोस्टेट) कहते हैं। कई तरह के धारा-नियन्त्रक बनाए जा सकते हैं। इनमें से जल धारा-नियन्त्रक से काम लेना आपके लिए अधिक सुगम होगा। पानी विद्युत् का मंद संवाहक है। इसलिए विद्युत्-पथ के एक भाग का केवल जल होना धारा की सामर्थ्य को कम कर देगा। विशुद्ध जल द्वारा कुछ भी विद्युत् प्रवाहित नहीं हो पाती। पानी में नमक के कुछ कण डाल देने से पानी आपके काम के लायक हो जाएगा। फिर, नमकीन पानी में विद्युत् को जितना ही दूर चलना पड़ेगा, विद्युत् की सामर्थ्य उतनी ही अधिक घटेगी। इसलिए यदि आप ऐसा उपाय कर सकें कि आप इस दूरी को इच्छानुसार घटा-बढ़ा सकें, तो आप आवश्यकतानुसार धारा को भी घटा-बढ़ा सकेंगे।

इस प्रकार के धारा-नियन्त्रक बनाने की एक सुविधाजनक रीति चित्र में दिखाई गई है। पायरेक्स कांच (अथवा साधारण कांच) या चीनी मिट्टी की थाली या गहरी तश्तरी लीजिए, जिसका व्यास 20 या 30 सेंटीमीटर हो,

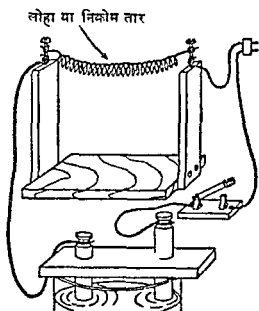
(चेतावनी : धातु की थाली या बरतन का उपयोग मत करिए) ।

डिब्बों के दो ढक्कन लीजिए, जो धातु के बने हो और जिनका व्यास लगभग 8 सेंटीमीटर हो । प्रत्येक के पार्श्व में एक छेद करिए और विसंवाहित तारों के साफ किए गए सिरों को उनमें जोड़ दीजिए । ये तार संयोजक का काम देंगे । इन ढक्कनों को एक-दूसरे से कुछ सेंटीमीटरों की दूरी पर रखिए और प्रत्येक में एक काफी भारी पत्थर रख दीजिए ताकि ढक्कन जहां रखे जाएं वहीं डूबे रहें । अब पिसे हुए साधारण नमक को चाय के चम्मच में समतल भर लीजिए और उसे दो लिटर पानी में घोलिए । इस घोल को थाली या तश्तरी में इतना डालिए कि दोनों ढक्कन पूर्णतया डूब जाएं । आपका जल धारा-नियन्त्रक तैयार है । आप इसे किसी भी परिपथ में डाल सकते हैं और केवल ढक्कनों के बीच की दूरी को बदल कर धारा की सामर्थ्य का इच्छानुसार नियन्त्रण कर सकते हैं । ढक्कनों को हटाने के लिए किसी विसंवाही पदार्थ का उपयोग करना चाहिए और पानी में हाथ नहीं डालना चाहिए । डिब्बे के ढक्कनों के बदले कार्बन की

छड़ों का उपयोग किया जा सकता है, जैसा कि दूसरे चित्र में दिखाया भी गया है ।

3. तार को विद्युत् से गरम करके लाल करना

इस प्रयोग द्वारा आपको यह अध्ययन करने का अवसर मिलेगा कि विद्युत् द्वारा विविध प्रकार के तार किस प्रकार गरम किए जाते हैं । लकड़ी का एक आधार बनाइए, जिसकी पेंदी 15 × 15 सेंटीमीटर की हो और जिसमें लगभग 20 सेंटीमीटर ऊंची दो खड़ी पट्टियां हों । इन पट्टियों के माथे मे एक पेच या कील अंशतः घुसा दीजिए । अब सर्पिलाकार तंतु (फिलामेंट) तैयार करने के लिए 30 से 24 तक का किसी भी नम्बर का लोहे का तार लीजिए, जो लगभग 1.5 मीटर लम्बा हो और पेंसिल पर उसकी तह लपेटिए । इसे खिसका कर पेंसिल से उतार लीजिए और पूर्वोक्त खड़ी पट्टियों में जड़े पेचों या कीलों के बीच इसे खींच कर बांध दीजिए । इसके लिए तार के सिरों को पेच या कील पर लपेट दीजिए । इसे एक जल धारा-नियन्त्रक और बल्बग्राही से संयोजित करिए, जैसा कि प्रयोग-2 में बताया गया है (परन्तु यह काम सावधानी से करिए) । ध्यान रहे कि साकेट के भीतर प्लग डालने से पहले (अर्थात् बिजली चालू करने से पहले) धारा-नियन्त्रक यथासम्भव अधिक खुला रहे अर्थात् जल में डूबे विद्युदग्र दूर-दूर रहें । तब प्रतिरोध (रेजिस्टेंस) धीरे-धीरे कम करिए और देखिए कि किस प्रकार तार अधिकाधिक गरम होता जाता है, यहां तक कि यह चटक लाल रंग का हो जाता है । अपने हाथ को तार के पास लाकर उसकी आंच को देखिए । कागज़ के टुकड़े या लकड़ी की सलाई से तार को छुइए । उसमें आग लग जाएगी । अब धारा को इतना बढ़ाइए कि तार जल या पिघल जाए ।

निक्रोम तार का एक टुकड़ा लीजिए और उसे लोहे के तार के स्थान पर लगा दीजिए । निक्रोम तार वही है जो हीटरों में लगता है । क्या जलने के पहले अन्य तारों की अपेक्षा यह अधिक गरम किया जा सकता है ?

क्या इस प्रयोग से आपको विद्युत् उष्मक (हीटर) की निर्माण-पद्धति के बारे में कोई संकेत मिलता है ?

4. विद्युत्-चाप उष्मक (आर्क हीटर) बनाना

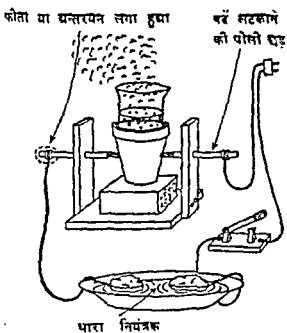
चमकीले-से-चमकीले जिस प्रकाश की हमें जानकारी है, वह 'विद्युत्-चाप' है । साथ ही यह मनुष्य को ज्ञात लगभग सबसे अधिक प्रचण्ड उष्मा का स्रोत भी है। कार्बन-दण्ड के सिरे पर सबसे अधिक चमकीला बिन्दु 3760 डिग्री सेंटीग्रेड के ताप पर पहुंच जाता है । खौलते पानी का ताप केवल 100 डिग्री सेंटीग्रेड है । 1535 डिग्री सेंटीग्रेड पर लोहा पिघल जाता है ।

अवश्य ही आप भी विद्युत्-चाप उष्मक या भट्ठी बनाना चाहेंगे, विशेषकर जब इसे बनाने में केवल पौधे वाले एक छोटे गमले, टार्च के पुराने विद्युत् सेलों के दो कार्बन-दण्ड, धातु की दो नलिकाएं जो पर्दा लटकाने की छड़ से काटी जा सकती हैं और लकड़ी के कुछ टुकड़ों की आवश्यकता पड़ती है ।

एक साधारण 8 सेंटीमीटर व्यास का पौधों वाला गमला लीजिए, जिस पर चमक वाला मसाला न चढ़ा हो । पेंदी से 2.5 सेंटीमीटर से अधिक ऊंचाई पर ही दो छेद आमने-सामने करिए। यदि आपके पास बर्मी न हो तो तिकोनी रेती से अथवा धातु की किसी भी नुकीली वस्तु से, ये छेद किए जा सकते हैं । जब आर-पार छेद हो जाएं तब रेती से या अन्य किसी उपयुक्त वस्तु से छेदों को सर्वत्र एक व्यास का कर दीजिए । ये छेद इतने बड़े रहें कि उनमें कार्बन-दण्ड सुगमता से चले जाएं । अब पर्दा टांगने की खोखली छड़ से दो टुकड़े काटिए, प्रत्येक की लम्बाई लगभग 15 सेंटीमीटर हो । यदि धातु काटने का और कोई अच्छा साधन न हो तो पर्दे की छड़ को, जो बहुत पतली चादर की बनी होती है, चारों ओर तिकोनी रेती से रेत कर सुगमता से तोड़ा जा सकता है । धातु की इन नलिकाओं में कार्बन-दण्डों को कस कर घुसा दीजिए । अब भट्ठी के वे सब अवयव तैयार हो गए हैं जो धातु से बनते हैं ।

इन भागों को यथास्थान पकड़ने के लिए एक कंकाल चाहिए । लगभग 15 × 15 सेंटीमीटर के पटरे से पेंदी बनाइए और अगल-बगल लकड़ी की दो ऊर्ध्वाधर पतली पटरियां जड़ दीजिए, जो लगभग 15 सेंटीमीटर लम्बी हों । पेंदी पर आधी ईंट या चपटा पत्थर रख दीजिए और उसके ऊपर पूर्वोक्त रीति से तैयार किए गए गमले को रखिए । काले ऐस्बेस्टस सीमेंट से यदि ईंट को पेंदी पर चिपका दिया जाए और गमले को ईंट पर, तो आपका उष्मक (हीटर) और भी सन्तोषप्रद हो जाएगा । यह सीमेंट लोहा या पाइप बेचने वालों की दुकान में मिलता है (काला ऐस्बेस्टस न मिले तो ऐस्बेस्टस की चादर लेकर उसे ईंट के ऊपर तथा नीचे रखा जा सकता है) । चिपकाने की रीति यह है कि थोड़ा सीमेंट पेंदी में चुपड़ कर गमले को अपने स्थान पर दबा दिया जाए । यह पता लगाइए कि खड़ी लकड़ियों में किस ऊंचाई पर छेद किए जाएं ताकि जब उनमें और गमले के छेदों में छड़ें डाली जाएं तो दोनों छड़ें एक सीध में रहें । छेद इतने बड़े रहें कि उनमें धातु वाली नलिकाएं सुगमता से आगे-पीछे खिसक सकें । इतना कर चुकने पर छड़ों को छेदों में डाल दीजिए । तब आपकी भट्ठी तैयार है ।

भट्टी को परिपथ में चित्र में दिखाई गई विधि से जल धारा-नियन्त्रक और प्लग से संयोजित करिए। प्रयोग घ-6, पृष्ठ 244 पर बताई गई विधि से चाप बनाइए। उनके सिरों पर विसवाही फीता (या रबड़) लपेटे बिना या हाथ में (रबड़ का) दस्ताना पहने बिना छड़ों को छूना या पकड़ना नहीं चाहिए। भट्टी पर काम करते समय गहरे रंग का चश्मा पहन लेना अच्छा रहेगा।

धारा नियंत्रक

5. विद्युत् सेंकनी (टोस्टर) बनाना

आपको इस बात का पता लगाना होगा कि 24 नम्बर के निक्रोम तार के 5 मीटर के टुकड़े को (तनिक भी कम नहीं) पाव रोटी के एक टुकड़े के बराबर स्थान में किस तरह सुभीते से लगाया जाए। निक्रोम तार घर में व्यवहृत किए जाने वाले सभी विद्युत् यन्त्रों में लगा रहता है। ऐसा तार बिजली का सामान बेचने वालों की दुकान से मिल सकता है।

तार को सर्पिलाकार रूप में लपेटने का ढंग चित्र में दिखाया गया है। 24 नम्बर के तार से 5 मीटर नाप का एक टुकड़ा लीजिए और उसे 5 मिलीमीटर व्यास की किसी छड़ पर सफाई से लपेटिए। तार को इस प्रकार लपेटिए कि फेरे एक-दूसरे को छूते रहें। कहीं अन्तर पड़ जाए तो तार खिसका कर उसे ठीक कर दीजिए। नियमित रूप से सर्वत्र इसी प्रकार से तार लपेटा जाए। परन्तु प्रत्येक सिरे पर लगभग 10 या 12 सेंटीमीटर तार अवश्य छोड़ रखना चाहिए। अब छड़ पर से खिसका कर कुंडली को उतार लीजिए और इसे धीरे-से खींच कर इतना तानिए कि छोड़ने पर वह लगभग 75 सेंटीमीटर लम्बा सर्पिल बन जाए। अब सर्पिल के प्रत्येक सिरे पर लगभग 10 सेंटीमीटर लम्बा तांबे का तार कस कर ऐंठ दीजिए। यह तार निक्रोम तार में उस स्थान पर ऐंठ कर लगाया जाए जहां से वह सर्पिल होना आरम्भ करता है। तांबे के ये तार बिजली ले आने तथा ले जाने का काम करेंगे।

तंतु (निक्रोम तार) को लगाने के लिए इंजिन के पुर्जे बेचने वाली किसी दुकान से 30 सेंटीमीटर का वर्गाकार ऐस्बेस्टस बोर्ड लीजिए। पेंदी के लिए इसमें से 15 × 20 सेंटीमीटर का एक टुकड़ा काट लीजिए। बगलों के लिए 2.5 × 15 सेंटीमीटर की चार पट्टियां भी काटिए। दिखाई गई रीति से इनको जोड़िए। जोड़ने के लिए बर्मी से छेद करके छोटे पेचों का उपयोग किया जा सकता है, या उन्हें भट्टी के सीमेंट से जोड़ा जा सकता है। भट्टी के लिए बनाया गया एस्बेस्टस वाला सीमेंट बहुत अच्छा होता है। यह लोहा या पाइप बेचने वालों से मिल सकता है (भारत में यह कदाचित् ही कहीं मिले)। अब किसी पटरे से एक टुकड़ा काटिए, जिसे पेंदी के नीचे जड़ा जा सके। ऐस्बस्टस बोर्ड की पट्टियां रख कर, ताकि बीच में हवा के लिए स्थान छूट जाए, एस्बस्टस वाले चौखट को पटरे पर जड़ दीजिए।

अब तंतु लगाइए। सामने वाले सिरे के पास बराबर दूरियों पर चार छेद करिए और पार वाले सिरे के पास तीन छेद बराबर दूरियों पर। इन छेदों में छोटे पेच कुछ दूर तक कस दीजिए। प्रत्येक पेच लगभग 2.5 सेंटीमीटर लम्बा हो। सामने के पार्श्व में दो छेद कर दीजिए। इनमें से होकर

तांबे वाले तार जाएंगे । फिर, पेंदी के कोनों के पास दो पेच लगा दीजिए। इनमें तार बांधे जाएंगे। अब अपने तंतु (निक्रोम तार के सर्पिल) को चौखटे की पेंदी वाले पेचों पर लपेटिए और खींच कर तान दीजिए। प्रत्येक खण्ड में बराबर तार पड़ना चाहिए । प्रत्येक खण्ड को पेच की एक गरारी में इस प्रकार फंसा दीजिए कि सब तार पेंदी से लगभग 5 मिलीमीटर उठे रहें । तांबे के संयोगी पेचों (टर्मिनल्स) को उनके लिए बनाए गए छेदों द्वारा बाहर निकाल कर सिरों को उन पेचों पर लपेट दीजिए, जो उन्हें बांधने के लिए बनाए गए हैं । टोस्टर तैयार है, केवल अब एक जाली रखना शेष है जिस पर टोस्ट को रखा जाएगा । इसके लिए तार की एक ऐसी वर्गाकार जाली लीजिए जिसमें तार 1–1 सेंटीमीटर की दूरी पर हों अथवा रसोईघर से कोई छोटी जाली ले लीजिए।

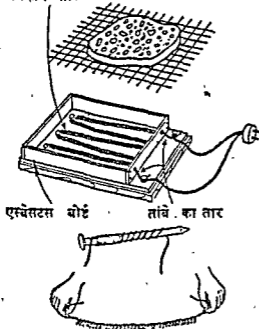
संयोजक तार के लिए शायद आपको बिजली की इस्त्री का टूटा हुआ तार मिल सके । तार के सिरों से विसंवाही पदार्थ हटा कर उन्हें बन्धन पेचों पर लपेट दीजिए। तार के दूसरे सिरे पर लगे प्लग को किसी साकेट में खोंस दीजिए या अनुकूलक द्वारा लैम्प होल्डर में लगा दीजिए और

टोस्ट सेंकना या रसोई पकाना या आहार गरम करना इच्छानुसार आरम्भ कर दीजिए ।

6. आर्क लैम्प बनाना

विद्युदग्र बनाने के लिए टार्च की पुरानी बैटरियों से कार्बन ले लीजिए । इन कार्बनों को नमकीन पानी वाले जल धारा-नियन्त्रक और दो तार वाली साधारण बिजली की डोर (फ्लैक्स) से संयोजित करिए। बिजली की इस्त्री का पुराना फ्लेक्स तार मिल जाए तो एक सिरे से विसंवाही पदार्थ हटाने से वह अच्छा काम देगा । धारा-नियन्त्रक की प्लेटों को एक-दूसरे से खूब दूर रख कर प्लग को साकेट में लगाइए ।

अब लकड़ी की चुटकियों (कपड़े टांगने की क्लिपों) से कार्बनों को उठाइए, प्रत्येक हाथ में एक चुटकी पकड़िए अथवा सूखे भारी दस्ताने (या रबर के दस्ताने) पहन कर अंगुलियों से उठाइए । (चेतावनी : कार्बन-दण्डों को नंगी अंगुलियों से कभी मत उठाइए, जानते हैं क्यों ?) कार्बनों की नोकों को हल्के-से एक-दूसरे से छुआ दीजिए और किसी से कहिए कि वह धारा-नियन्त्रक के निरोध को धीरे-धीरे कम करता जाए । धारा-नियन्त्रक की प्लेटों को कभी इतना समीप न लाया जाए कि वे एक-दूसरी को छू दें । क्यों ?

कार्बनों को छुआने के बाद ही उनको जरा अलग कर दीजिए । जब तक धारा-नियन्त्रक का निरोध कम होता रहे तब तक इस क्रिया को बार-बार दोहराइए । प्रत्येक बार जब आप कार्बनों को अलग करेंगे तो सिरे चमकने लगेंगे और सफेद रोशनी की दमक दिखाई पड़ेगी । (चेतावनी : प्रयोग के इस अंश को करते समय गाढ़े रंग का चश्मा पहनना आवश्यक है) । जब इस प्रकार दमक निकलने लगे तब धारा-नियन्त्रक की प्लेटों को कुछ और समीप लाकर धारा को थोड़ा और भी बलवती कर दीजिए। तब कार्बनों के बीच में लगभग 3 मिलीमीटर का खाली स्थान छोड़ कर उनको अपनी जगह पर पकड़े रहिए। आपको एक बहुत स्थिर और चमकीला प्रकाश

दिखाई देगा। जब तक सफलता न मिले अभ्यास करते रहिए।

अब आपने विद्युत् से बहुत प्रचण्ड प्रकाश उत्पन्न कर लिया है। क्या दोनों में से कोई कार्बन जलता जा रहा है? बिजली कार्बनों के बीच के स्थान को कैसे पार करती है? क्या इस प्रकार लैम्प द्वारा घरों में प्रकाश किया जा सकता है?

अध्याय—16

प्रकाश के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. प्रकाश सीधी रेखा में चलता है

1. पदचिह्न बनाना

धूल से ढकी कच्ची सड़क पर, या नदी अथवा समुद्र के किनारे बालू पर खड़े हों। अपनी दृष्टि किसी दूरस्थ वस्तु पर स्थिर रखिए और ठीक उसकी ओर बराबर चलते रहिए। अपने पदचिह्नों को देखिए। आपको पता चलेगा कि आप एक सीधी रेखा में चल रहे थे।

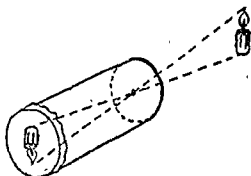
2. डोर का प्रयोग

एक डोर लीजिए, जो कम-से-कम 25 मीटर लम्बी हो। डोर के एक सिरे को किसी खम्भे या वृक्ष से बांध दीजिए। डोर को खींच कर तानिए और उसे अपनी आंख के पास रखिए। डोर की ही दिशा में देखिए, तो आपको वही वस्तु दिखाई पड़ेगी जिसमें डोर बंधी है। अब डोर की दिशा छोड़ किसी अन्य दिशा मे देखिए, तो आपको वह वस्तु दिखाई नही पड़ेगी। इससे पता चलता है कि प्रकाश ऐसी वस्तुओं से आंख तक सीधी रेखा में आता है।

3. कार्डों की सहायता से प्रयोग करना

गत्ते के चार टुकड़े काटिए, प्रत्येक लगभग 10 सेंटीमीटर वर्ग का हो। उन्हें लकड़ी की छोटी इष्टिकाओं पर कील से जड़ दीजिए ताकि उन्हें खड़ा रखा जा सके। प्रत्येक गत्ते में ठीक एक ही स्थान पर एक छोटा छेद कर दें ताकि गत्तों को खड़ा करके एक सीध में लगाया जाए तो आप चारों छेदों के पार सीधे-सीधे देख सकें। गत्त एक-दूसरे से लगभग 30 सेंटीमीटर की दूरी पर रहें। एक मोमबत्ती को इस प्रकार रखिए कि चारों छेदों द्वारा देखने पर वह दिखाई पड़े। अब एक गत्ते को पंक्ति से थोड़ा एक ओर खींच दीजिए और छेदों द्वारा मोमबत्ती को देखने की चेष्टा करिए। क्या आप उसे देख सकते हैं? क्यों? इससे क्या पता चलता है?

4. सूई-छिद्र कैमरा

एक डिब्बे की पेंदी में महीन छेद करके और प्रतिबिम्ब को पतंग वाले पतले कागज पर ग्रहण करके सरल सूई-छिद्र कैमरा बनाया जा सकता है। इस कैमरे की सहायता से किसी अन्धेरे कमरे में मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब को देखिए। आप कैसा प्रतिबिम्ब देखते हैं? इससे यह किस प्रकार सिद्ध होता है कि प्रकाश सीधी रेखाओं में चलता है?

5. प्रकाश की किरणों के अध्ययन के लिए धूम्र-पेटिका बनाना

लगभग 30 सेंटीमीटर चौड़ी और लगभग 60 सेंटीमीटर लम्बी काठ की पेटी लीजिए या बनाइए। पेटी की ऊपरी ओर सामने की खिड़कियों में कांच लगाइए। पीठ को खुला ही छोड़ दीजिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, परन्तु वहां एक काला कपड़ा लगा दीजिए, जो पर्दे की तरह लटका रहे। इस पर्दे को दो भाग करके लटकाइए ताकि वे पेटी के मध्य में लगभग 10 सेंटीमीटर तक एक-दूसरे पर चढ़े रहें। पेटी के भीतरी भाग को चमक-रहित काले रंग मे रंग दीजिए। ऊपरी दीवार

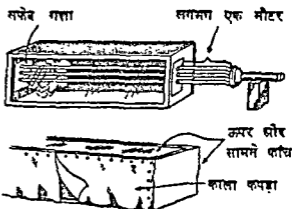
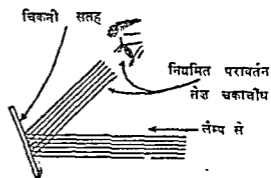
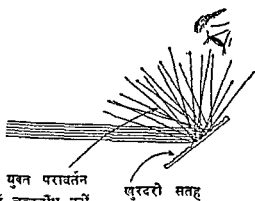
और पेंदी के हिसाब से बीच में, परन्तु कांच वाले भाग से केवल 8 या 10 सेंटीमीटर हट कर एक सिरे में, एक खिड़की काटिए, जो लगभग 10 सेंटीमीटर लम्बी और 5 सेंटीमीटर चौड़ी हो। यह प्रकाश-किरणों के भीतर जाने के लिए है। आप इस खिड़की को ऐसे गत्तों से ढक सकते हैं जिनमें विविध प्रकार के छेद हों। गत्तों को अंगुष्ठ कीलों से टिकाइए।

अब पहले प्रयोग वाले काले गत्ते का एक टुकड़ा काटिए, जिसमें तीन छेद बराबर दूरियों पर हों। इन छेदों का व्यास लगभग 5 सेंटीमीटर हो। इसे खिड़की पर अंगुष्ठ कीलों से टिका दीजिए। पेटी में धुआं भर दीजिए। धुआं सुलगते चीथड़ों, धूप-बत्तियों या सिगरेटों से उत्पन्न किया जा सकता है। इन्हें तश्तरी में रख कर पेटी के भीतर एक कोने में रख देना चाहिए। अब खिड़की से लगभग एक मीटर की दूरी पर एक टार्च रखिए। टार्च को इस प्रकार फ़ोकस करिए कि उससे समानान्तर किरणें निकल कर खिड़की के छेदों में जाएं। पेटी के भीतर प्रकाश की किरणों को देखिए, जो कि धुएं के कारण दृष्टिगोचर हो जाती हैं। क्या यह प्रयोग सिद्ध करता है कि प्रकाश सीधी रेखाओं में चलता है?

ख. प्रकाश का परावर्तन

1. धूम्र-पेटिका द्वारा नियमित परावर्तन

धूम्र-पेटिका में धुआं भरिए। पिछले प्रयोग की तरह तीन छेदों पर टार्च का प्रकाश फेंकिए। अब बक्स के भीतर एक समतल दर्पण रख दीजिए और देखिए कि दर्पण से परावर्तित होने पर भी किरणें किस प्रकार सुस्पष्ट ही रहती हैं। जब प्रकाश की किरणें इस प्रकार बिना बिखरे परावर्तित होती हैं तो उन्हें 'यथानियम परावर्तित' कहा जाता है।

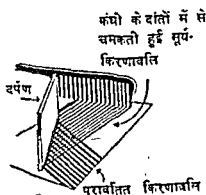
2. धूम्र-पेटिका द्वारा विसरणयुक्त परावर्तन

कांच की चादर पर स्वच्छ सेलोफेन (पारदर्शक प्लास्टिक) का एक टुकड़ा रखिए और उसे इस्पात के धूए से रगड़ कर खुरदरा कर दीजिए, यहां तक कि वह सब जगह समान रूप से चमक-रहित हो जाए। खुरदरे किए गए सेलोफेन को पूर्वोक्त कांच पर सरेस या रबड़ के छल्लों से चिपका दीजिए। इसे धूम्र-पेटिका के भीतर रख कर टार्च की किरणावली में डालिए और परिणाम देखिए।

पिछले प्रयोग के यथानियम परावर्तन से इसकी तुलना करिए। जब प्रकाश किसी अनियमित तल से परावर्तित होकर बिखर जाता है, तो उसे विस्तृत या विसरणयुक्त परावर्तन कहते हैं। अपनी आंख को दर्पण से परावर्तित किरणावली की सीध में रखिए। खुरदरे किए गए सेलोफेन परावर्ती का उपयोग करके प्रयोग को दोहराइए। परिणाम को देखिए और अन्तर का वर्णन करिए।

3. रबड़ की गेंद द्वारा परावर्तन

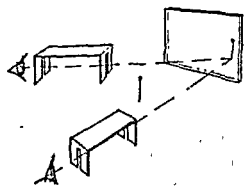
किसी तल (फर्श या दीवार) पर रबड़ की गेंद को सीधा और तिरछा मार कर देखिए कि उस परावर्ती तल से गेंद कैसे परावर्तित होती है। जिस कोण पर गेंद तल पर आघात करती है और जिस कोण पर वह परावर्तित होती है, उन दोनों को आंकने और उनकी तुलना करने की चेष्टा करिए।

4. दर्पण द्वारा परावर्तन

किसी दर्पण को फर्श पर ऐसी जगह रखिए जहां उस पर सूर्य की किरणावली पड़े और परावर्तित हो सके। दर्पण के उस स्थान पर, जहां किरणावली पड़ती है, एक सींक खड़ी करिए। आने वाली किरणों और सींक के बीच के कोण की तुलना परावर्तित किरणों और सीक के बीच के कोण से करिए।

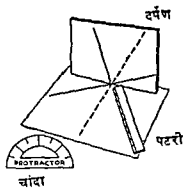
5. परावर्तित प्रकाश-किरणावली बनाना

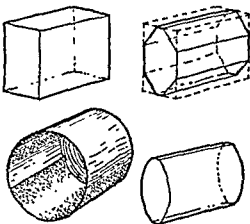
सफद गत्ते पर एक कंघी रखिए और गत्ते पर सूर्य-किरणावली पड़ने दीजिए। गत्ते को इस प्रकार तिरछा करिए कि कंघी के दांतों की परछाइयां कई सेंटीमीटर लम्बी हो जाएं। तब किरणों के मार्ग में एक दर्पण तिरछा रखिए। आप देखेंगे कि दर्पण पर पड़ने वाली रश्मियां एक ही कोण पर परावर्तित होती हैं। दर्पण को घुमाइए और देखिए कि परावर्तित किरणें भी किस प्रकार घूमती हैं।

6. परावर्तित प्रकाश के अध्ययन के लिए दिशा-दर्शी पीठिका बनाना

यद्यपि आजकल पिनों द्वारा प्रकाश का अध्ययन नहीं किया जाता है तो भी इस रीति से सही-सही परिणाम प्राप्त किए जा सकते हैं। इस प्रयोग को करते समय नौसिखिए लोगों को इसलिए भ्रम हो जाता है कि पिन वस्तु के रूप में भी प्रयुक्त होते हैं और किरणों के मार्ग अंकित करने के लिए भी। यह भ्रम इस प्रकार दूर हो सकता है कि प्रथम प्रयोगों में दूरदर्शी पीठिकाओं का उपयोग किया जाए। टीन के 12×1.5 सेंटीमीटर के एक टुकड़े को मोड़ कर पीठिका (छोटा पीढ़ा) का रूप दे दीजिए। मुड़ने पर पीठिका के पाए टीन के किनारे बन जाते हैं। प्रत्येक पाए पर लोहे से चीर लगा देना चाहिए। वस्तु के लिए पिन का इस्तेमाल करिए और इसके प्रतिबिम्ब की दिशा को इन चीरों में से देखिए। तब पेंसिल से रेखाएं खींच कर प्रकाश-पथ का पता लगाइए।

7. परावर्तन के नियम

कागज पर एक बिन्दुमय रेखा पटरी की सहायता से खींचिए। फिर इससे किसी भी कोण

पर एक रेखा खीचिए । जहां ये दोनों रेखाएं मिलती हैं, वहां पर एक छोटे दर्पण को खड़ा करिए। दर्पण को घुमा कर ऐसी स्थिति में लाइए कि बिन्दुमय रेखा का प्रतिबिम्ब असली बिन्दुमय रेखा की ठीक सीध में आ जाए । अब दर्पण में देखिए और दूसरी रेखा के प्रतिबिम्ब की सीध मे अपनी पटरी का एक किनारा रख दीजिए । इस रेखा को पेंसिल से खीचिए और बिन्दुमय रेखा के दोनों ओर बने कोणों को चादे से नापिए ।

इस प्रयोग को कई बार दोहराइए। प्रत्येक बार कोण की नाप को बदल दीजिए । इससे यह परिणाम निकलना चाहिए कि प्रकाश सदा उसी कोण पर परावर्तित होता है, जिस (कोण) पर वह दर्पण पर पडता है ।

8. किरण-पेटिका के लिए बेलनाकार लैन्स बनाना

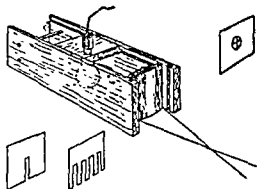
पर्स्पेक्स या ल्यूसाइट नामक पारदर्शी प्लास्टिक का एक टुकड़ा लीजिए, जो 5 × 3 × 6 सेंटीमीटर का हो । इसके किनारों को रेती से रेत डालिए ।

एक गोल (बेलनाकार) डिब्बा लीजिए । उसकी पार्श्व दीवारों के भीतर की ओर सरेस से एमरी कागज की एक तह चिपका दीजिए । इसी पर प्लास्टिक को रगड कर घिस लीजिए ।

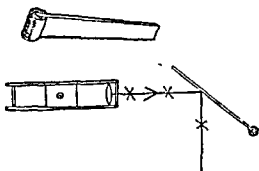
अन्त मे धातु-पालिश और रूई से पालिश करिए ।

9. प्रकाश-किरणावली के लिए किरण-पेटिका बनाना

ऊपर बताए गए बेलनाकार लैन्सों का उपयोग किरण-पेटिका मे भी किया जा सकता है । इस उपकरण मे लकड़ी की दो पटरियां होती हैं । प्रत्येक का नाप 22 × 6 सेंटीमीटर होता है । इनको लम्बे कावले या छड (नम्बर 2 बी ए) की सहायता से एक-दूसरे के समानान्तर रखा जाता है । इस बक्स मे पेंदी नही होती और प्रयोग करते समय इसे ड्राइंग बोर्ड पर पिन से लगाए कागज पर रख दिया जाता है । प्रकाश मोटरकार के 12 वोल्ट 24 वाट वाले बल्ब से फेंका जाता है । लैम्प होल्डर में पीतल की एक नलिका जोड दी जाती है । इस नलिका को एक लकड़ी में कस दिया जाता है और वह लकडी पूर्वोक्त बक्स के ऊपरी भाग मे (या माथे मे बने खांचे में) खिसकती है । लैन्स के सामने का खांचा, पर्दा या (रंगीन) छानना (फिल्टर) लगाने के लिए होता है । झिरी वाले कार्ड से संकरी किरणें मिलती हैं और रंगसाज की धारी डालने वाली कंघी से किरणावली । स्लाइडर की स्थिति में फेर-बदल करके अभिसारी, समानान्तर अथवा अपसारी (कन्वर्जेंट, पैरेलल या डाइवर्जेंट) किरणावलियां प्राप्त की जा सकती हैं । समतल दर्पण की कतरनें, कांच की इष्टिकाएं और त्रिपार्श्व (प्रिज्म) का उपयोग करके किरण सम्बन्धी सभी साधारण प्रयोग किए जा सकते हैं । टीन के वक्र टुकड़े से किरण-वक्र (कास्टिक कर्व) भी दिखाया जा सकता है ।

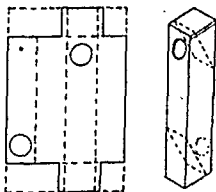
लैन्सों और वर्तन सम्बन्धी प्रयोगों में लैम्प को यथासम्भव नीचे ही दबा रखना चाहिए ताकि प्रकाश रुकावट के ऊपर से होकर न जा

सके। लैम्प के सामने अगर एक ऐसा कार्ड लगा दिया जाए, जो छिद्रयुक्त हो और जिसके आर-पार (क्रास) तार लगे हों तो उपकरण प्रकाश-पीठ (आप्टिकल बेंच) सम्बन्धी प्रयोगों में प्रकाश-स्रोत का भी काम दे सकता है।

10 किरण-पेटिका की सहायता से परावर्तन नियमों का ज्ञान

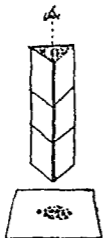
दर्पण की पट्टी को एक ऐसे कागज की सहायता से, जिसके एक ओर एक खाचा कटा हो, अथवा कागज दबाने की कमानीदार क्लिप से, ऊर्ध्वाधर खड़ा करिए। प्रकाश की किरणावलियों को कागज पर स्वस्तिक चिह्नों से अंकित करिए। इन चिह्नों को पेंसिल की रेखाओं से मिला कर आपाती तथा परावर्ती किरणें प्राप्त की जा सकती हैं और अभिलम्ब (नार्मल) को ज्यामितीय रीतियों से खींचा जा सकता है।

11. छड़ी और दर्पण

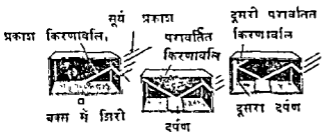
एक दर्पण को किसी पटरी के सिरे पर खूट-कियों से जड़ कर लगा दीजिए। किसी दरवाजे की आड़ में खड़े हो जाइए और दर्पण को दरवाजे के बाहर निकाल लीजिए। बताइए कि परावर्तित प्रकाश की सहायता से आप आड़ में पड़ने वाली वस्तुओं को कैसे देख सकते हैं।

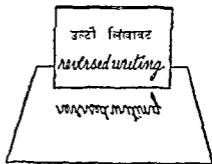
12. परिदर्शी (पेरिसकोप) का मॉडल बनाना

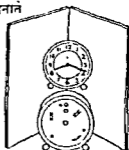
पोस्ट-कार्ड की लम्बी भुजा पर दो-दो सेंटीमीटर की दूरी पर तीन समानान्तर चीर लगाइए। (ये चीर इतने गहरे न हों कि पोस्टकार्ड आर-पार कट जाए)। चारों कोनों से 2 सेंटीमीटर चौड़े टुकड़े काट कर निकाल दीजिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है और तब कार्ड को मोड़ कर आयताकार बक्स बना लीजिए। दिखाए गए स्थानों में काग-छेदक (कार्क-बोरर) द्वारा गोल छेद कर दीजिए। बक्स के भीतर इन छेदों के बिल्कुल सामने दर्पण के छोटे टुकड़े (45° पर) चिपका दीजिए। चिपकाने के लिए प्लास्टि-सीन या गोंद लगे कागज का उपयोग करिए।

13. बहुरूपदर्शी बनाना

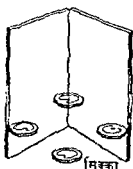
दर्पण के दो टुकड़े लीजिए। प्रत्येक लगभग 10 × 3 सेंटीमीटर हो। गत्ते या एक उतना ही बड़ा टुकड़ा भी लीजिए। तीनों को रबड़ के छल्ले या गोंद लगे कागज से बांध दीजिए। इस प्रकार

जो त्रिभुजाकार त्रिपार्श्व बने, उसके भीतर अक्ष की दिशा में देखिए। इसके द्वारा आप जो भी वस्तु देखेंगे उसका एक नियमित रूप होगा। यदि पालिश किया कांच न मिले तो साधारण कांच की पीठ पर काला रंग लगा कर भी काफी हद तक सफलता पाई जा सकती है।

14. दोहरा परावर्तन

गत्ते के छोटे बक्स के एक सिरे में लगभग एक सेंटीमीटर चौडी एक झिरी काटिए। ध्यान रहे कि यह छिद्र बक्स की पेंदी तक पहुंच जाए। बक्स को करवट के बल रख दीजिए। बक्स को इस प्रकार व्यवस्थित करिए कि धूप की किरणावली बक्स की पेंदी पर पड़े। चित्र देखिए (शेष बातें चित्र से स्पष्ट हैं।)

15. उल्टी लिखावट

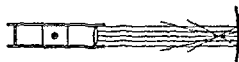
सादे कागज़ के नीचे एक कार्बन पेपर इस तरह रखिए कि उसकी कालिख लगी सतह ऊपर रहे। कागज पर कुछ लिखिए। कार्बन के दूसरी तरफ उल्टी लिखाई दिखाई पड़ेगी। इस उल्टी लिखावट को दर्पण के सामने रख कर पढ़िए। दर्पण की ओर देखते हुए कागज पर कुछ लिखिए और पेंसिल की गतिविधि पर ध्यान दीजिए।

16. घड़ी का मुह और दर्पण

दो दर्पणों को इस प्रकार खडा करिए कि वे एक-दूसरे से समकोण बनाएं और उनके कोर एक-दूसरे को छूते रहे। इन कोरों को फीता चिपका कर जोडा जा सकता है। इन दर्पणो के सामने एक अलार्म घड़ी रखिए। इसके मुख की खडी मध्य रेखा दर्पणों के कोण के संगम पर रहे। प्रतिबिम्ब को ध्यान से देखिए और उसकी तुलना केवल एक दर्पण से बने प्रतिबिम्ब से करिए।

17. परावर्तन द्वारा रुपया बनाना

दो दर्पणों की कोरों पर फीता चिपका कर उन्हें चित्र में दिखाई गई रीति से खडा करिए। दर्पणो के बीच एक सिक्का रख दीजिए और देखिए कि कितने प्रतिबिम्ब बनते हैं। दर्पणों के बीच के कोण घटाने-बढ़ाने से प्रतिबिम्बों की संख्या घटाई-बढ़ाई जा सकती है या नहीं। दर्पणों के बीच जलती हुई मोमबत्ती रख दीजिए और प्रतिबिम्बों को देखिए।

18. समानान्तर दर्पणों द्वारा परावर्तन

दो दर्पणों को मेज के बल खड़ा करिए। उनके परावर्तक लैन्स एक-दूसरे के समानान्तर रहें। दर्पणों के बीच कोई सिक्का या जलती हुई मोमबत्ती रखिए। एक दर्पण की ओर देखिए कि उसमें कितने प्रतिबिम्ब बनते हैं। दूसरे दर्पण की ओर देखिए।

19. किरण-पेटिका से अवतल (कान्केव) दर्पण द्वारा परावर्तन

ऊपर के प्रयोग-9 के लिए बनाई गई किरण-पेटिका का उपयोग करिए। वृत्ताकार मोड़ी गई टीन की पट्टी अथवा चूड़ी के टुकड़े का फोकसान्तर, उस पर प्रकाश की समानान्तर किरणावली फेंक कर, सीधे नापा जा सकता है।

20. उत्तल (कान्वेक्स)-तल द्वारा परावर्तन

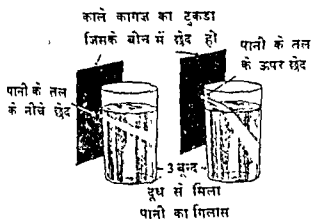
एक उत्तल दर्पण, उदाहरणार्थ मोटरकार के मडगार्ड पर लगाया जाने वाला दर्पण, लीजिए। इसको किरण-पेटिका में लगाइए और परावर्तित की गई प्रकाश-किरणों को देखिए। समतल दर्पण तथा अवतल द्वारा किए गए परावर्तन से इसकी तुलना करिए।

ग. प्रकाश का वर्तन और उसके उपयोग

1. छड़ी मुड़ी-सी लगती है

पानी से भरे कांच के किसी लम्बे बरतन मे एक छड़ी इस प्रकार रखिए कि उसका एक भाग बाहर निकला रहे। देखिए कि छड़ी कहां पानी में घुसती है और कहां पर मुड़ी हुई जान पड़ती है। जब प्रकाश की किरणें पानी से बाहर निकलती हैं तो वे वर्तित हो जाती है, अर्थात् मुड़ जाती हैं। पानी की अपेक्षा हवा में प्रकाश अधिक वेग से चलता है और इसलिए जब वह एक माध्यम से दूसरे में प्रवेश करता है तो कुछ मुड़ जाता है।

2. प्रकाश की किरणावली में वर्तन (रिफ्रेक्शन) होना

एक गिलास पानी में दूध की दो-चार बूंदें डाल दीजिए ताकि वह धुंधला हो जाए। काले कागज़ या गत्ते में एक छोटा छेद करिए। गिलास को धूप में रखिए। गत्ते को गिलास के सामने रखिए तो आपको छेद द्वारा किरणावली निकलती हुई दिखाई देगी। गत्ते को ऐसी स्थिति मे रखिए कि छेद जल के स्तर से थोड़ा-सा नीचे रहे और पानी में किरणावली की दिशा देखिए। अब गत्ते को इतना ऊंचा उठा दीजिए कि किरणावली पानी के तल पर पड़े और तब किरणावली की दिशा देखिए। प्रयोग द्वारा यह पता लगाइए कि वह कोण, जिस पर किरणावली पानी पर पड़ती है, किस प्रकार पानी के भीतर किरणावली की दिशा पर प्रभाव डालता है।

3 वर्तन-बोतल बनाना

दवा की शीशी को बाहर से सर्वत्र काले रंग से रंग दीजिए। एक पार्श्व पर वृत्त खींच कर उसके भीतर के रंग को छुड़ा दीजिए। अब शीशी में इतना पानी भरिए कि उसका तल ठीक वृत्त-केन्द्र के स्तर तक पहुंचे। शीशी के ऊपरी भाग पर कहीं से रंग हटा दीजिए और उससे टार्च का

प्रकाश भीतर फेंकिए। अगर पानी में दूध की एक बूंद डाल दी जाए तो किरणावली अधिक स्पष्ट दिखाई पड़ेगी। अब आयतन कोण और वर्तन-कोण को चांदे से नापिए।

4. धूम्र-पेटिका द्वारा वर्तन दिखाना

धूम्र-पेटिका की खिड़की पर (प्रयोग क-5) एक काला गत्ता जड़ दीजिए और उसमें 8 मिलीमीटर का एक ही वर्गाकार छेद कर दीजिए। पहले के प्रयोगों की तरह टार्च से धूम्र-पेटिका के भीतर किरणावली फेंकिए। एक बड़ी चौकोर बोतल को पानी से भरिए और उसमें दूध की दो-चार बूंदें या एक चुटकी भर मैदा या स्टार्च डाल कर पानी को धुंधला कर दीजिए। बोतल में काग लगा दीजिए। पेटिका को धुएं से भर दीजिए। बोतल को किरणावली से समकोण पर रखिए और पानी में किरणों की दिशा देखिए। फिर किरणावली के सापेक्ष बोतल को विविध कोणों पर तिरछा करिए और देखिए कि बोतल के भीतर प्रकाश की दिशा पर क्या प्रभाव पड़ता है।

5. वर्तन की सहायता से अदृश्य सिक्के को देखना

मेज पर चाय की प्याली रखिए और उसकी पेंदी में एक सिक्का रखिए। इतनी दूर हट जाइए कि सिक्का प्याली की बारी की ओट में हो जाए। वहीं खड़े होकर देखते रहिए और किसी से कहिए कि वह सावधानी से प्याले में कुछ पानी डाल दे। सिक्का अपने स्थान से हटने न पाए। आप क्या देखते हैं? इसका क्या कारण है?

6. प्रकाश की किरणों पर त्रिपार्श्व (प्रिज्म) का क्या प्रभाव पड़ता है

धूम्र-पेटिका को उसी तरह काम में लाइए जिस तरह ऊपर के प्रयोग-4 में लाया गया था। कांच का त्रिपार्श्व लेकर उस पर प्रकाश की एकल किरणावली डालिए और देखिए कि किरणों का वर्तन किस प्रकार होता है।

7 प्रकाश-रश्मियों पर लैन्सों का प्रभाव पड़ता है

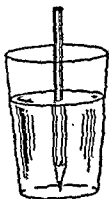
इन प्रयोगों के लिए आप पुरानी ऐनकों के तथा पुराने प्रकाश-यन्त्रों के लैन्सों का उपयोग कर सकते हैं, या पढ़ने के कांच (रीडिंग ग्लास) के लैन्स या हस्त आवर्धक (हैंड मैग्निफायर्स) भी मोल ले सकते हैं।

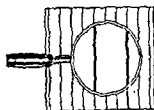
धूम्र-पेटिका की खिड़की पर एक काला गत्ता लगाइए और उसमें तीन छेद कर दीजिए। ये छेद बराबर दूरियों पर (एक सीधी रेखा में) रहें, परन्तु दोनों बाहरी छेदों के बीच की दूरी आपके लैन्स के व्यास से थोड़ी कम रहे। टार्च से प्रकाश उसी प्रकार फेंकिए जैसे कि पहले के प्रयोगों

में किया गया था। पेटिका में धुआं भर दीजिए। लैन्स को तीनों किरणावलियों के मार्ग में इस प्रकार रख दीजिए कि मध्य किरणावली लैन्स के केन्द्र पर पड़े। प्रकाश से उल्टी ओर लैन्स के पार की किरणावलियों पर ध्यान दीजिए। उन पर क्या प्रभाव पड़ा है ?

इस प्रयोग को देहराइए परन्तु इस बार द्विक् अवतल (डबल कान्केव) लैन्स लीजिए। इस प्रयोग से आपको जो बातें मालूम हों, उनकी तुलना ऊपर के प्रयोग-6 के परिणामों से करिए। दोनों द्विक् उत्तल लैन्सों को दो त्रिपार्श्व मानिए, जिन्हें पेंदी से सटा कर रखा गया हो और द्विक् अवतल लैन्स को चोटी से सटा कर रखा गया त्रिपार्श्व समझिए।

8. लैन्स किस प्रकार वस्तु को बढ़ा कर दिखाते हैं

एक पेंसिल (या अपनी अगुंली) को पानी के गिलास में डालिए और उसे बगल से देखिए। क्या वह बडी दिखाई पडती है ? मछलियों के कांच वाले गोल मटके में मछलियो को ऊपर से और फिर बगल से देखिए। क्या मटके और पानी के भीतर से देखने पर मछली बडी दिखाई पडती है ? गोल अमृतबानो में तेल में डूबे हुए आमों या शीरे में डूबे हुए आंवलों को देखिए। क्या वे बड़े दिखाई पड़ते हैं ? कांच की स्वच्छ गोलियां भी लैन्स की तरह काम करती हैं।

9. लन्स की आवर्धन-क्षमता को मापना

रेखांकित (रूलदार) कागज के ऊपर किसी हस्त आवर्धक लैन्स को फोकस करिए। लैन्स द्वारा जो रेखाएं दिखाई दें, उनके बीच के एक स्थान की तुलना लैन्स के बाहर दिखाई पड़ने

वाले स्थानों से करिए। चित्र में दिखाया गया लैन्स तिगुना आवर्धन करता है।

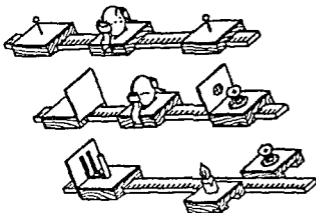
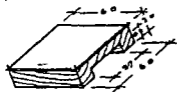
10. उत्तल लैन्स किस प्रकार चित्र-प्रतिबिम्ब बनाता है

किसी कमरे की खिड़कियों में से एक को छोड़ कर शेष सबको बन्द कर दीजिए। किसी छात्र से कहिए कि वह लैन्स को खिड़की के पास पकड़े रहे, लैन्स के अभिलम्ब (नार्मल) की दिशा बाहर के दृश्य की ओर रहे। एक सफेद कागज़ को लैन्स के समानान्तर रखते हुए धीरे-धीरे लैन्स के समीप लाइए। एक ऐसी स्थिति आएगी जब कागज़ पर बाहरी वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब बन जाएगा। प्रतिबिम्ब की क्या स्थिति है और क्यों ?

11. लैन्सों के अध्ययन के लिए एक सरल उपकरण बनाना

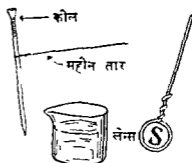
प्रकाश-पीठ (आप्टिकल बेंच) बनाने के लिए केवल किसी मजबूत तल, दर्पणों और लैन्सों को पकड़ने की किसी युक्ति और दूरी नापने की किसी सुगम रीति की आवश्यकता है।

उपकरण की नींव बनाने के लिए मीटर के पैमानों को बेंच पर चपटी ओर से रख दीजिए।

दर्पण आदि पकड़ने के लिए लकड़ी की इष्टिकाएं लीजिए और उनकी पेंदियों में पटरी के नाप के अनुसार खांचे काटिए। इष्टिका पर सरेस से काग अथवा नरम गत्ते की एक तह चिपका देने से पिन खोंसने में सुविधा रहती है; ये पिनें वस्तु अथवा खोज-पिनों (सर्च पिन्स) का काम देती हैं। एक किनारे टीन की कतरनों को पेच से कस देने पर इष्टिकाएं अच्छी लैन्स-ग्राही बन जाती हैं। इष्टिका के ऊपरी किनारे में एक खांचा बना देने से लैन्स को अपने स्थान में टिका रहने में सहायता मिलती है और टीन पर रबड़ नलिका से काट कर छोटा छल्ला चढा देने से इष्टिका की पकडने की शक्ति बढ जाती है।

प्रकाश-स्रोत और पर्दों के लिए टार्च के बल्बों और कार्डों से काम चलाया जा सकता है। उन्हें इष्टिकाओं पर लगा देना चाहिए। इस यन्त्र के कई-एक सेट बनाने चाहिए ताकि छात्र व्यक्तिगत रूप से लैंस सम्बन्धी प्रयोग कर सकें। खांचा बनाने के लिए इष्टिकाओं में आरी से दो चीर लगाइए और तब रुखानी का प्रयोग करिए।

इस उपकरण की सहायता से व्यतिकरण (इटरफियरेंस) और विवर्तन (डिफ्रैक्शन) तथा अन्य विषयों पर भी अनेक प्रयोग किए जा सकते हैं।

12. एक सरल सूक्ष्मदर्शी

कील पर एक बार तांबे का तार लपेट कर फन्दा बनाइए। फन्दे को पानी में डुबा कर बाहर निकाल लीजिए और उसके भीतर से देखिए। आरम्भ में इसी प्रकार के सूक्ष्मदर्शी होते थे। बहुधा ऐसा लैन्स चार या पांच गुना आवर्धन करता है।

13 जलबिन्दु सूक्ष्मदर्शी

कांच के एक टुकड़े पर सावधानी से एक जलबिन्दु गिराइए। अपनी आंख को बिन्दु के पास लाइए और उस जलबिन्दु तथा कांच में से पार किसी छोटी वस्तु को देखिए। यह एक सरल सूक्ष्मदर्शी का काम देता है।

14. संयोगिक सूक्ष्मदर्शी का मॉडल बनाना

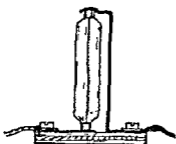
प्रयोग--11 में बनाए गए प्रकाश-पीठ पर एक छोटा फ़ोकस वाला लैन्स रखिए। इस लैन्स के एक ओर खिड़की में लगने वाली जाली का एक टुकड़ा रखिए और उसके पीछे जलती हुई मोमबत्ती। लैन्स के दूसरी ओर उस बिन्दु पर एक सफेद गत्ता रखिए, जहां जाली का सबसे अधिक स्पष्ट प्रतिबिम्ब बने। जाली लैन्स से ऐसी दूरी पर रहे कि वहां पर प्रतिबिम्ब जाली से बड़ा हो। अब गत्ते को हटा दीजिए और एक दूसरे दोहरे उत्तल लैन्स को गत्ते से कुछ अधिक दूरी पर रखिए।

दोनों लैन्सों द्वारा जाली को देखिए। जाली बड़ी दिखाई पड़ेगी।

15 वर्तन दूरदर्शी का मॉडल बनाना

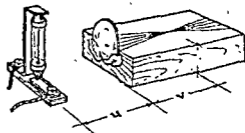
किसी लम्बे फोकस वाले लैन्स को प्रकाश-पीठ के एक सिरे पर रखिए और उसे खिडकी के बाहर दूर से किसी दृश्य की दिशा में कर दीजिए। पिछले प्रयोग के अनुसार ही लैन्स के दूसरी ओर से एक सफेद गत्ते को लैन्स के पास धीरे-धीरे लाकर ऐसी स्थिति में रख दीजिए कि वहा दृश्य का स्पष्टतम प्रतिबिम्ब बने। अब गत्ते के पीछे एक छोटे फ़ोकस वाला लैन्स इस स्थिति में रखिए कि गत्ते और लैन्स के बीच की दूरी लैन्स के फोकस से कुछ कम रहे। गत्ते को हटा दीजिए और दृश्य को दोनो लैन्सों द्वारा दखिए।

16. एकरंखिक प्रकाश-उद्गम बनाना

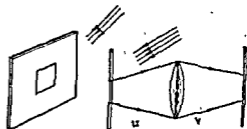
एक लम्बा बल्ब लीजिए, जैसा कि मोटरकारों के दिशासूचको (ट्रैफिक इण्डिकेटर्स) में अथवा उनके भीतर प्रकाश देने के लिए बहुधा लगा रहता है। प्रकाश सम्बन्धी प्रयोगों में यह एक अच्छा प्रकाश-स्रोत सिद्ध होता है। लकड़ी के एक टुकड़े से सुविधाजनक होल्डर बनाया

जा सकता है। टीन की कतरनों को लकड़ी पर जड़ देने पर या पेच से कस देने पर वे बल्ब की टोपियों से वैद्युत सम्बन्ध स्थापित करने का काम दे सकती है।

17. लैन्स में वस्तु और प्रतिबिम्ब का सम्बन्ध

लैन्स को लकड़ी की इष्टिका के सामने वाले सिरे पर प्लास्टिसीन (तेल में कुटी मिट्टी) से चिपकाइए। प्रतिबिम्ब वहां पड़ेगा जहां किरणें मिलती है। एक ओर U और दूसरी ओर V लिखिए और निम्न सूत्र की जांच करके देखिए :

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

18. लैन्स में प्रतिबिम्ब और वस्तु का सम्बन्ध (बिना प्रकाश-स्रोत के)

प्रकाश-स्रोत के स्थान पर 5 सेंटीमीटर के वर्गाकार दर्पण का उपयोग किया जा सकता है। वस्तु के स्थान पर भी दर्पण के केन्द्रीय 1 सेंटीमीटर के वर्गाकार भाग को हटा कर उसका उपयोग किया जा सकता है। दर्पण का मुख प्रकाश की ओर होना चाहिए। लैन्स की दूसरी ओर एक गत्ता रख कर उस पर प्रतिबिम्ब लिया जा सकता है।

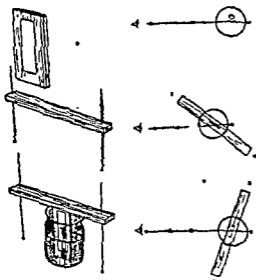
प्रतिबिम्ब की नाप तथा वस्तु की नाप के सम्बन्ध की भी जांच की जा सकती है।

19. क्रान्तिक कोण

सूक्ष्मदर्शी में प्रयुक्त होने वाली कांच की दो पट्टियां (स्लाइड्स) लीजिए। रांगे की पन्नी में एक चौखट काटिए और उसे दोनों पट्टियों के बीच रख कर और कनाडा या प्लास्टिक सीमेंट से जोड़ कर एक वायु-कोष्ठ (एअर सेल) बना लीजिए।

20 सेंटीमीटर लम्बी लकड़ी की एक पटरी लेकर उसके बीच में एक लम्बा छेद बनाइए

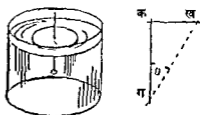
और उसमें पूर्वोक्त वायु-कोष्ठ को कस दीजिए। लकड़ी के दोनों सिरों में बुनने की एक-एक सलाई आर-पार डाल दीजिए। ये सलाइयां सूचक का काम करेंगी। इनसे लकड़ी की पटरी की स्थिति ज्ञात होगी।

जब लकड़ी की पट्टी पानी के बीकर के ऊपर रखी जाएगी और वायु-कोष्ठ पानी में रहे तो सलाइयां उस कागज़ को प्राय: छती रहेंगी, जिस पर बीकर रखा रहेगा। यही क्रान्तिक कोण उपकरण है।

उपयोग में तीन पिनों से एक आधार-रेखा निश्चित की जाती है और बीकर का व्यास उसी पर रहता है। तब लकड़ी की पटरी को इतना घुमाया जाता है कि सम्पूर्ण परावर्तन हो जाए। उसके लिए दो स्थितियां हैं और प्रत्येक दशा में सलाइयों की नोकों के स्थान पर चिह्न लगा लेना चाहिए।

20. पानी का क्रान्तिक कोण नापना

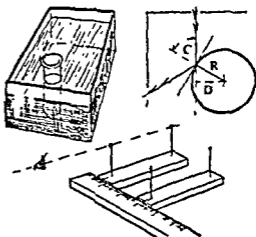
इस प्रयोग के लिए एक वृत्ताकार मोमी गत्ते और एक लम्बी पिन की आवश्यकता पड़ेगी (जैसा गत्ता दूध की बोतलें बन्द करने के लिए प्रयुक्त होता है।)

गत्ते के केन्द्र में पिन को धुसा कर पार कर दीजिए और पिन का सिर नीचे की ओर करके गत्ते को पानी में तैरा दीजिए। ऊपर से देखते रहिए और पिन को ऊपर-नीचे करते रहिए। एक ऐसी स्थिति आएगी जब पिन का सिर ठीक गत्ते की ओट में हो जाएगा और वह कहीं से भी दिखाई नहीं देगा। इस स्थिति में पिन के सिर से चली हुई किरण इस प्रकार वर्तित होती है कि वह पानी के तल को छती हुई जाती है और आख तक नहीं पहुंच पाती।

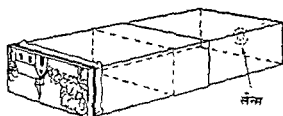
कोण सीधा ही नापा जा सकता है या वह क ख, क ग का मान निकाल कर और त्रिज्या सारणी के उपयोग से ज्ञात किया जा सकता है।

21. क्रान्तिक कोण सम्बन्धी एक अन्य प्रयोग

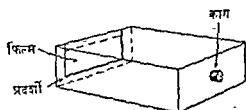
एक छोटी बानगी नलिका (स्पेसिमन ट्यूब) या गोल शीशी को कांच की आयताकार टंकी में रखिए और उसे टंकी के पार्श्वों से देखिए। नलिका का केन्द्रीय भाग बेलनाकार अपसारी लैन्स की तरह काम करेगा, परन्तु उसके किनारे पालिश किए हुए (दर्पण की तरह) जान पड़ेंगे।

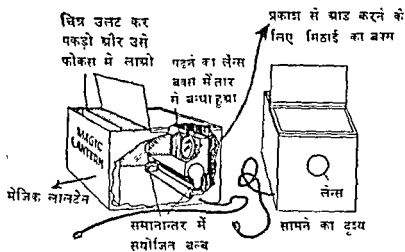
किरण चित्र से स्पष्ट है कि

$$\text{ज्या}\ C = \frac{d}{r}$$

ये दोनों दूरियां दिशादर्शी पीठिकाओं द्वारा नापी जा सकती हैं। इसके लिए एक मापक पटरी को टंकी के पार्श्व के समानान्तर रखना चाहिए और पीठिकाओं के सिरों को पटरी से हटा कर रखना चाहिए।

22. कैमरा कैसे काम करता है

दो बक्स ऐसे लीजिए कि एक बक्स दूसरे के भीतर लगभग बैठ सके। प्रत्येक बक्स के एक सिरे को काट कर निकाल दीजिए। एक बक्स को दूसरे के भीतर डाल दीजिए, छोटे बक्स का कटा हुआ सिरा भीतर घुस जाए। अब छोटे बक्स का पिछला सिरा काट कर निकाल दीजिए और उसके ऊपर मोमी कागज मढ़ दीजिए। दूसरे बक्स के सामने सिरे में एक छेद करिए, जो लेन्स के नाप का हो और उसमें उत्तल (कान्वेक्स) लैन्स लगा दीजिए। अब भीतर डाले गए बक्स को बाहर-भीतर खिसका कर मोमी कागज पर लैन्स द्वारा बाहर के दृश्य के प्रतिबिम्ब को ग्रहण करिए। साधारण कैमरे में मोमी कागज के स्थान पर प्रकाशग्राही फिल्म रहती है।

23. सूई-छिद्र कैमरे से चित्र लेना

किसी लकड़ी के बक्स से, उदाहरणार्थ खड़िया के बक्स से, एक सूई-छिद्र कैमरा बनाइए (इस अध्याय का प्रयोग क-4 देखिए)। उसे भीतर से काला रंग दीजिए। एक सिरे में केन्द्र पर 1 सेंटीमीटर का छेद कर दीजिए। बक्स के भीतर की ओर छेद को धातु की पतली पन्नी से ढक दीजिए। सूई से पन्नी के केन्द्र में छेद कर दीजिए, ध्यान रहे कि छेद सफाई से काटा जाए। बक्स के सामने वाले सिरे में कुछ प्रदर्शी (गाइड) लगा दीजिए ताकि उनसे कट फिल्म के टुकड़े को खिसकाया जा सके। छेद में कस कर काग लगा दीजिए ताकि सूई-छिद्र ढक जाए। अब किसी अन्धेरे कमरे में जाकर कुछ फोटो-फिल्मों को इस नाप का काटिए कि उन्हें प्रदर्शियों में खिसकाया जा सके। बक्स में ढक्कन लगा दीजिए और अपने कैमरे को बाहर ले आइए। कैमरे का मुंह उस दृश्य की ओर कीजिए जिसका आप चित्र खींचना चाहते हैं। काग को एक या दो सैकंड तक के लिए हटा दीजिए। और फिर लगा दीजिए। प्रयुक्त फिल्म को अन्धेरे कमरे में बाहर निकालिए और डेवेलप करिए या काले कागज में लपेट कर किसी फोटो की दुकान पर डेवेलप कराने ले जाइए। (अन्धेरा कमरा पूर्णत: अन्धेरा हो, कैमरे के भीतर अगर जरा भी प्रकाश जाने का डर हो तो फिल्म लगाने के बाद से उसे काले कपड़े में लपेटे रहिए, केवल सामने का थोड़ा-सा भाग खुला रहे।)

24. रंगीन चित्रों के लिए प्रक्षेपी (प्रोजेक्टर) बनाना

जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, रंगीन चित्रों के लिए सरल सामग्री से एक प्रक्षेपी बनाया जा सकता है। जिस लैन्स का उपयोग करना हो, उसकी फ़ोकस-दूरी से थोड़ा बड़ा बक्स काम में लाइए। अधिकांश लैन्सों के लिए बक्स को 30 और 60 सेंटीमीटर के बीच की लम्बाई का होना चाहिए। लैन्स पर आड़ करने के लिए मिठाई के छोटे बक्स को काम में लाइए ताकि लैन्स पर फालतू प्रकाश न पड़े। दो लैम्प होल्डरों को समानान्तर में संयोजित करिए और आड़ करने वाले बक्स के प्रत्येक ओर एक-एक को लगा दीजिए। बड़े बक्स के सिरे के अगले भाग को जोड़ने के लिए और पिछले हिस्से को काबले की तरह बन्द

करने के लिए गोंद लगे फीते का इस्तेमाल कीजिए।

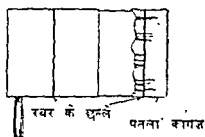
बक्स के पिछले भाग में एक चित्र उलट कर रखिए। इसे आगे-पीछे चला कर फ़ोकस करिए ताकि प्रक्षेपी के सामने वाली दीवार पर स्पष्टतम प्रतिबिम्ब पडे।

25. सरल दृश्य वाला कैमरा

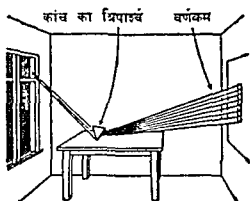
सरल दृश्य वाला कैमरा इस प्रकार बनाया जा सकता है—हस्त लैन्स से गत्ते पर किसी पहाड़ी या वृक्ष का प्रतिबिम्ब फ़ोकस करिए। लैन्स और गत्ते के बीच की दूरी को मापिए और किसी

बक्स को इस प्रकार काटिए कि उसकी ऊंचाई उस दूरी के बराबर हो। उसकी पेंदी के ठीक मध्य में लैन्स से जरा छोटा छेद करिए। गत्ते के किसी टुकड़े में पहले जैसा छेद करके लैन्स को उस पर चिपका दीजिए। बक्स के ऊपर के खुले भाग पर टिशू पेपर लगा दीजिए। यह दृश्य कैमरा अन्धेरे कमरे में लैन्स को खिड़की की ओर करके प्रयोग में लाया जा सकता है।

26. फोकस करने वाला दृश्य-कैमरा

फोक्स करने वाला दृश्य-कैमरा भी बहुत कुछ उसी प्रकार बनाया जा सकता है जिस प्रकार प्रयोग-25 में बताया गया कैमरा बनाया गया था। फ़ोकस करने के लिए पहले बक्स के भीतर एक दूसरा बक्स डाला जाता है। द्रष्टव्य वस्तु जितनी ही अधिक चमकीली होगी और प्रतिबिम्ब ग्रहण करने वाले कागज़ पर जितना ही कम बाहरी प्रकाश पड़ेगा, फोटो उतनी ही अच्छी होगी।

घ. रंग सम्बन्धी प्रयोग

1. धूप का रंग क्या है?

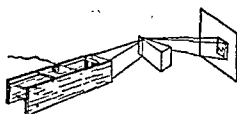
जिस कमरे में धूप आती हो, उसे अन्धेरा करिए। खिडकी पर पड़े पर्दे में एक छोटा छेद कर दीजिए, जिससे एक पतली किरणावली आए। इस किरणावली में कांच का एक त्रिपार्श्व (प्रिज़्म) पकड़े रहिए और सामने की दीवार या छत पर पड़ने वाले वर्ण-पट को देखिए। इसे वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) कहते हैं। क्या आप सूर्य के इस प्रकार बने वर्णक्रम में पाए जाने वाले रंगों के नाम बता सकते हैं?

2. वर्णक्रम के रंगों को एक साथ जुटाना

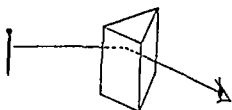
किसी पढ़ने वाले कांच के लैन्स को, अर्थात् किसी प्रवर्धक लैन्स को त्रिपार्श्व और वर्णक्रम के बीच सफेद धूप से उल्टी ओर, रंगीन वर्णक्रम में रखिए। दीवार पर पड़ने वाला वर्णक्रम कैसा हो जाता है ?

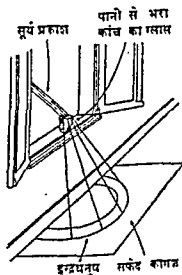
3. वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) बनाने की एक दूसरी विधि

पानी से भरी एक तश्तरी को धूप में रखिए। वारी की टेक लगा कर तश्तरी के भीतर एक छोटा आयताकार दर्पण तिरछा रखिए और उसको इस प्रकार समंजित करिए कि दीवार पर रंगीन-पट या वर्णक्रम दिखाई पड़े।

4. किरण-पेटिका की सहायता से वर्णक्रम का अध्ययन

किरण-पेटिका की सहायता से कांच का त्रिपार्श्व समानान्तर किरणावली से एक दर्शनीय वर्णक्रम बनाएगी। रंगीन जिलैटिन या रंगीन पारदर्शक कागज, जिसमें कुछ वस्तुएं लपेट कर बेची जाती हैं, की सहायता से भी रंग सम्बन्धी प्रयोग किए जा सकते हैं।

5. रैखिक वर्णक्रम को देखना

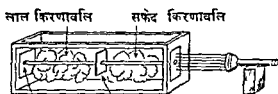
एक सरल प्रकाश सम्बन्धी झिरी बनाने के लिए सूई से थोड़ा खरोंच कर किसी दर्पण की पीठ से दूर तक पालिश निकाल दीजिए, अथवा इसी रीति से फोटोग्राफी की किसी गाढ़ी नेगेटिव प्लेट से मसाला खरोंच दीजिए। रैखिक वर्णक्रम देखने के लिए झिरी के स्थान पर सूई का उपयोग किया जा सकता है। सूई को त्रिपार्श्व के आवर्ती कोर के समानान्तर रखना चाहिए और जिस प्रकार की परीक्षा करनी हो, उसी से उसे आलोकित करना चाहिए।

6. इन्द्रधनुष बनाना

धूप में किसी खिड़की की देहली पर पानी से भरा हुआ एक गिलास रख दीजिए। गिलास भीतर

की ओर देहली से थोड़ा बाहर निकला रहे, भूमि पर सफेद कागज रखिए । आप उस पर इन्द्रधनुप या वर्णक्रम के पट को देख सकेंगे ।

7. इन्द्रधनुष बनाने की एक दूसरी विधि

बहुत सवेरे (सूर्योदय के बाद) अथवा सूर्यास्त के कुछ पहले, जब सूर्य चमक रहा हो, हौज से पानी को महीन बूंदों के रूप में उड़ाइए । पानी के पीछे वृक्षों की श्यामल पृष्ठभूमि रहे । सूर्य आप की पीठ की ओर रहे । तब आप एक बहुत सुन्दर इन्द्रधनुप देखेंगे ।

8. पारदर्शी वस्तुओं का रंग

पिछले प्रयोगों की तरह धूम्र-पेटिका का उपयोग करिए । केवल एक किरणावली को पेकिटा के भीतर आने दीजिए । किरणावली के मार्ग में स्वच्छ कांच या सेलोफेन रखिए । आप देखेंगे कि बक्स के सफेद पर्दे पर सफेद ही किरणावली पड़ रही है । अब सफेद किरणावली के मार्ग में लाल कांच या सेलोफेन रखिए । पर्दे पर पड़ने वाली किरणावली लाल हो जाएगी । लाल ने श्वेत प्रकाश के अन्य सब अवयवों को सोख लिया है । दूसरे रंगों की पारदर्शक पट्टियों से जैसे (कांच या सेलोफेन की पट्टियो से) प्रयोग करिए । आप देखेंगे कि इन वस्तुओं का रंग उस रग के कारण उत्पन्न होता है, जिसे ये पार जाने देते हैं, अन्य रंगों को ये सोख लेते हैं ।

9. अपारदर्शी वस्तुओं का रंग

अन्धेरे किए गए कमरे मे दीवार पर या सफेद कागज पर एक अच्छा-सा वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) बनाइए । वर्णक्रम के नीले प्रकाश में लाल कपड़े का एक टुकडा रखिए । यह कौन-सा रंग जान पड़ता है ? इसे हरे प्रकाश और फिर पीले प्रकाश में रखिए । रंग कैसा हो जाता है ? इसे लाल प्रकाश में रखिए । अब रंग कैसा लगता है ? हरे और पीले रंगों के कपड़ों से प्रयोग को दोहराइए । आप देखेंगे कि उसी रंग के प्रकाश को छोड़ कर अन्य प्रकाश में वे काले लगते है । इस प्रकार अपारदर्शक पदार्थों का रंग उस प्रकाश के कारण होता है जिसे वे परावर्तित करते है । वे वर्णक्रम के अन्य रंगों को सोख लेते ह ।

10. रंगीन पदार्थों (वर्णक्रमों) को मिलाना

नीली और पीली खड़िया का एक-एक टुकड़ा लीजिए । चूरा करके उनको मिलाइए । मिश्रण का रंग हरा दिखाई पड़ेगा । ये पदार्थ विशुद्ध एक रंग के नही है । आप देखेंगे कि वर्णक्रम में हरा रंग पीले और नीले के बीच आता है । खड़िया का पीला रंग वर्णक्रम के पीले और हरे को छोड़ अन्य सब रंगों को सोखता है । इसी प्रकार खड़िया का नीला रंग वर्णक्रम के नीले और हरे रंगों को सोखता है । फिर इसी प्रकार मिश्रण में पीला और नीला एक-दूसरे को सोख लेते हैं और हरा परावर्तित हो आंख तक पहुंचता है ।

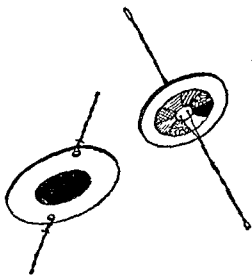
विद्यार्थियों के रंग के डिब्बों के रंगों को मिला कर प्रयोग करिए ।

11. रंगीन प्रकाशों को मिलाना

(क) रंगीन प्रकाशों को मिलाने का काम गत्ते के वृत्त को जल-रंगों से रंग कर किया जा सकता है ।

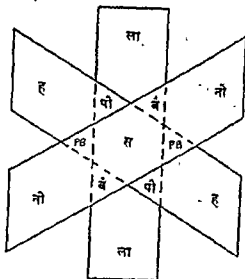
एक सुझाव यह है कि 10 सेंटीमीटर के वृत्त के एक ओर पीला (अण्डे के योक के समान पीला) रंग कर दिया जाए और दूसरी ओर नीला । जब

इस वृत्त में तागे बांध दिए जाएंगे और तागों को अंगुलियों और अंगूठों के बीच बटा जाएगा तो वृत्त तेज़ी से नाचेगा और यदि रंग सावधानी से चुने गए होंगे तो वृत्त लगभग सफेद जान पड़ेगा ।

रंगों के अन्य मिश्रणों की जांच रंगीन लट्टुओं वाली पद्धति से की जा सकती है । वृत्त के दुर्वत्रिज्यों (सेक्टर्स) को रंग दिया जाता है। मान लीजिए उन्हें पारी-पारी से लाल और हरा रंग दिया गया है । (अब) तागे पर नाचने से नाचता हुआ वृत्त आंखों को हरा और लाल प्रकाश परावर्तित करता है और उनके मिश्रण का परिणाम, इस दशा में पीला होता है ।

(ख) आरम्भिक प्रकाशिकी में किरण सम्बन्धी प्रयोगों को करने के लिए तीन डिब्बों का उपयोग किया जाता है । उनसे रंगीन प्रकाशों को मिलाने के लिए भी काम लिया जा सकता है । इसी प्रकार का अन्य कोई भी बक्स, जिसमें मोटरकार का एक बल्ब रखा हो, इस काम के लिए उपयुक्त होगा ।

बक्स के सामने लाल, हरा और नीला नाटकीय प्रकाश-छानना (फिल्टर) रखिए और सफेद पर्दे पर प्रकाश के आयताकार खण्डों के प्रतिबिम्ब डालिए ।

लाल और हरा मिल कर पीला हो जाता है ।
नीला और लाल बैंगनी हो जाता है ।
हरा और नीला मोरपंखी नीला हो जाता है ।

लाल, हरा और नीला सफेद हो जाता है ।

12. साबुन के पटल (फिल्म) में रंगों को देखना

साबुन का गाढ़ा-सा घोल बनाइए, जिससे साबुन के बुलबुले बनाए जा सकें । इस घोल को किसी चपटी तश्तरी में भर दीजिए और उसमें अण्डे वाला कप या चाय की प्याली डुबा कर निकाल लीजिए, जिससे प्याली के मुंह पर एक पटल (फिल्म) बन जाए । इसे तीव्र प्रकाश में रखिए और जो रंग दिखाई पड़ें उन पर ध्यान दीजिए । पतले पटलों में बहुधा रंग होते हैं ।

13. तेल के पटल (फिल्म) में रंगों को देखना

किसी कम गहरी तश्तरी को पानी से भर दीजिए । पानी में इतनी स्याही छोड़ दीजिए कि पानी बहुत गाढ़े रंग का हो जाए । तश्तरी को खिड़की में रख दीजिए, जहां उस पर आकाश का तीव्र प्रकाश पड़े, परन्तु वहां धूप न हो । पानी की ओर देखिए । पानी में आकाश का प्रकाश परावर्तित होकर आपकी आंखों पर पड़ेगा । जब आप इसी प्रकार देखते हुए ही तेल या पेट्रोल की एक बूंद पानी के तल पर, तश्तरी की बारी के पास अपने निकटतम स्थान पर डाल देंगे, तो रंगों का आपको इन्द्रधनुष बिल्कुल सामने वाली कोर पर दमकता हुआ

दिखाई देगा। तेल पर फूंक मारने से आपको रंगों में परिवर्तन भी होता हुआ दिखाई पड़ेगा।

14. पंख से रंग

किसी पंख (चिड़िया आदि का पंख) के सिरे में से दूर किसी मोमबत्ती की ज्वाला को देखिए। आपको वास्तविक ज्वाला की अगल-बगल में दो या तीन ज्वालाएं और चार रंगीन भुजाओं का एक चपटा (×) दिखाई पड़ना चाहिए। यदि पंख बढ़िया होगा तो चारों भुजाओं में से प्रत्येक में आपको दो नीली और लाल चौड़ी धारियां दिखाई पड़ेंगी।

15. रंग कैसे बदलते हैं

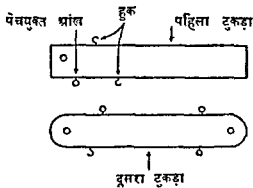
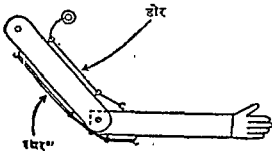
किसी पत्रिका से एक रंगीन चित्र काटिए और उसे एक गत्ते पर चिपका दीजिए। एक तश्तरी में तीन बड़े चम्मच भर कर नमक और कई चम्मच मेथिलेटेड स्पिरिट डालिए। दोनों को अच्छी तरह मिला कर जला दीजिए। उनसे एक बहुत चमकीला प्रकाश उत्पन्न होगा, जिसमें से केवल पीली किरणें निकलेंगी। अब पूर्वोक्त चित्र को एक अन्धेरे कमरे में जाकर देखिए और ध्यान दें कि पीले को छोड़ अन्य सब रंग किस प्रकार बदल जाते हैं।

अध्याय—17

मानव-शरीर के अध्ययन के लिए प्रयोग और सामग्री

क. हड्डियां और मांस-पेशियां

1. बाजू का मॉडल बनाना

लकडी के दो टुकड़े लीजिए, जो 5 से 8 मिलीमीटर तक मोटे और 5 सेंटीमीटर चौड़े तथा 30 सेंटीमीटर लम्बे हों। (पतली लकड़ी बहुत सन्तोषजनक काम दगी) । एक टुकड़े के ऊपरी सिरे में बर्मी से एक छेद करिए । दूसरे टुकड़े को गोल कर दीजिए और प्रत्येक सिरे के पास एक छेद कर दीजिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

इसके बाद लकड़ी के पहले टुकड़े में दो हुक और एक पेचयुक्त आंख को लगभग दिखाए गए स्थानों में कस कर लगा दीजिए। इसी प्रकार दूसरी लकड़ी में भी एक हुक और तीन आंखें कस कर लगाइए। चित्र देख कर दोनों लकड़ियों को छोटे कावले और ढिबरी से आपस में जोड़ दीजिए।

बाइसिकल या कार की भीतरी रबड़-नलिका से रबड़ की लम्बी धज्जियां काटिए और उन्हें लकड़ियों के नीचे लगी आंखों में पहना कर हुकों में बांध दीजिए। ऊपर की ओर आंखों में मजबूत डोर पहना दीजिए और उसका एक सिरा हुक में बांध दीजिए। जब डोर खींची जाएगी तो आप बाजू की हड्डियों और पेशियों के काम करने का लगभग वास्तविक ढंग देख सकेंगे।

2. पैर का मॉडल बनाना

पतली लकड़ी या गत्ते से पैर और टांग के आकार के समान दो टुकड़े काट लीजिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। पुरानी भीतरी रबड़-नलिकाओं से रबड़ की धज्जियां काटिए और उन्हें दिखाई गई रीति से मॉडल में लगाइए।

3. सिर और गर्दन का मॉडल

चित्र से स्पष्ट है कि लकड़ी अथवा गत्ते की सहायता से यह मॉडल किस प्रकार बनाया जा सकता है।

4. चलने वाली बालपिन

एक लम्बी छुरी (डिनर नाइफ) को कस कर पकड़िए। (फल की धार मेज़ के समानान्तर रहे)। छुरी पर जूड़े में खोंसी जाने वाली एक चिमटीनुमा बालपिन चढ़ा दीजिए, एक भुजा एक ओर रहे, दूसरी भुजा दूसरी ओर। छुरी को

मेज़ से इतना ऊपर रखिए कि बालपिन की भुजाएँ मेज को करीब-करीब छूती रहें और बालपिन तिरछी रहे । आप देखेंगे कि बालपिन छुरी पर चलती है । (हाथ मेज को न छूता रहे)। बाजू की पेशियों की सूक्ष्म गतियों के कारण बालपिन में गति उत्पन्न होती है ।

ख. हमारी इन्द्रियां

1. घ्राणेन्द्रिय

सब छात्र स्थिर बैठे रहें और पूरी कक्षा में समान रूप से फैले रहें । तब एक कोने में कोई तीव्र गन्ध वाली वस्तु छोड़िए । इस काम के लिए कपड़े पर थोड़ा ईथर या अमोनिया गिराया जा सकता है ।

छात्रों से कहिए कि ज्यों ही उनको गन्ध मिले, वे हाथ उठाएं । हवा में कमरे के आर-पार की गन्ध के प्रसार की गति को देखिए ।

कुछ ऐसे उदाहरण बताइए जब कि हमारी घ्राण-शक्ति हमें विपत्ति से बचाती है ।

2. पढ़ने के लिए आदर्श दूरी

छात्रों से कहिए कि वे कोई पुस्तक पढ़ें और पुस्तक को उस दूरी पर रखें, जो पढ़ने के लिए सबसे अधिक सुखद पड़े । सामान्य दूरी 34 से 40 सेंटीमीटर तक होती है । यदि किसी छात्र को कम या अधिक दूरी सबसे अधिक सुखद लगती हो तो दृष्टि ठीक करने के लिए शायद उसे चश्मे की आवश्यकता हो सकती है ।

3. उचित प्रकाश

कमरे को अन्धेरा करके जलते हुए 40 वाट के विद्युत् लैम्प को किसी खुली पुस्तक से ठीक 60 सेंटीमीटर ऊपर रखिए । आराम से पढ़ने के लिए इतना प्रकाश प्रायः काफी है । छात्रों को यह दिखाइए कि जब लैम्प को और दूर किया जाता है तो प्रकाश तीव्रता से घट जाता है । एक मीटर से कुछ कम दूरी पर उतना प्रकाश देने के लिए 100 वाट के बल्ब की आवश्यकता होगी, जितना 40 वाट का बल्ब 60 सेंटीमीटर पर देता है ।

छात्रों को यह दिखाइए कि उन्हें किस स्थिति में बैठ कर पढ़ना चाहिए ताकि वे चकाचौंध से बच सकें । इस बात की जाच करिए कि कक्षा के प्रत्येक स्थान से पढ़ने के लिए पर्याप्त प्रकाश है या नहीं । यदि नहीं है तो छात्रों को बताइए कि इस प्रकार की असन्तोषजनक परिस्थितियों को किस प्रकार ठीक किया जा सकता है ।

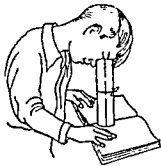
4. आंख का अनुकूलन

सफेद कागज के 10 या 12 ताव लेकर उनसे एक पोली नली बनाइए । तावों की नाप ऐसी हो कि प्रत्येक ताव नली के ऊपर दो बार घूम जाए । उस नली के ऊपर रबड़ का छल्ला चढ़ा दीजिए । नली को किसी पुस्तक के पृष्ठ पर खड़ा करिए और अपनी एक आंख को नली पर इस प्रकार दबा कर लगाइए कि नली के पेंदे या माथे से कुछ भी प्रकाश भीतर न घुस सके । आरम्भ में किसी शब्द को पढ़ना असम्भव होगा । यदि कोई शब्द तुरन्त पढ़ा जा सके तो नली पर कुछ ताव कागज़ और चढ़ा दीजिए ।

दूसरी आंख को बन्द रखिए । नली के भीतर खुली आंख से मिनट, दो मिनट तक बिना प्रकाश को भीतर आने दिए देखते रहिए । कागज़ से होकर जो मंद प्रकाश आ रहा होगा उसमें छपाई धीरे-धीरे पढ़ी जा सकेगी ।

ज्यों ही छपाई साफ-साफ पढ़ी जा सके, दर्पण में अपनी आंखें देखिए और आंखों के तारों (प्युपिल्स) की नापें देखिए । एक मिनट तक पुतलियों को देखते रहिए और ध्यान दीजिए कि जब कक्षा का तीव्र प्रकाश आंखों पर पड़ता है तो उनकी नापें किस प्रकार बदलती हैं । प्रत्येक छात्र को यह अवसर देना चाहिए कि वह इस प्रयोग को स्वयं करके देखे ।

छात्रों को आंख के तारे की नाप घट-बढ़ सकने की शक्ति के कुछ लाभ बताइए, उदाहरणार्थ तारों का छोटा होना आंख की

अति प्रचण्ड प्रकाश से रक्षा करता है, उनका बढ़ना बहुत मंद प्रकाश में देखने में सहायता पहुंचाता है, नयन तारों का प्रकाश के अनुकूल घटना-बढ़ना विपत्ति से बचने में सहायक होता है।

5. क्या आप अपनी अन्ध-चित्ती का पता लगा सकते हैं

जिस स्थान पर दृष्टि-तन्त्रिका (आप्टिक नर्व) अक्षिगोलक (आइबाल) में मिलती है, वहां एक छोटी-सी अन्ध-चित्ती होती है, जिसका व्यास केवल कुछ ही मिलीमीटर होता है। इस अन्ध-चित्ती का पता आप एक बहुत ही सरल प्रयोग से पा सकते हैं। सफेद कागज पर एक काला बिन्दु बनाइए और उससे 5 सेंटीमीटर दाहिनी ओर हट कर एक काला स्वस्तिक। कागज को मेज पर रख कर अपनी बाईं आंख बन्द कर लीजिए और अपनी दाहिनी आंख से काले बिन्दु की ओर बराबर घूरते रहिए। इस प्रकार घूरते हुए ही कागज को उठा लीजिए और उसे धीरे-धीरे अपनी आंख की ओर लाइए। एक स्थिति ऐसी आएगी जब दाहिनी ओर वाला स्वस्तिक अदृश्य हो जाएगा। बाईं आंख की अन्ध-चित्ती का पता पाने के लिए दाहिनी आंख को बन्द करिए और स्वस्तिक की ओर घूरते रहिए। जब कागज को आप आंख के कुछ पास लाएंगे तो काली चित्ती अदृश्य हो जाएगी।

6. दृष्टि-भ्रम

लोगों के दैनिक जीवन में कई अत्यन्त वैचित्र्यपूर्ण दृष्टि-भ्रम होते हैं। जब चन्द्रमा और सूर्य क्षितिज के निकट होते हैं, तो वे ऊंचे आकाश में होने की अपेक्षा, बहुत बड़े जान पड़ते हैं। जब वे पहाड़ी के पीछे से उदय होते देखे जाते हैं तब वे उस स्थिति की अपेक्षा बहुत अधिक शीघ्रता से चलते जान पड़ते हैं जब वे हमारे ऊपर होते हैं। सूर्य और चन्द्रमा के व्यास को यन्त्र से नापने पर अथवा उदय या अस्त होते समय उनके वेगों को नापने पर हमारी प्रथम धारणाओं का समर्थन नहीं होता। क्षितिज के पास की नापों और दूरियों का हमारा अनुमान अवास्तविक होता है क्योंकि तुलना की प्रमाप के लिए तब हम अपेक्षाकृत निकट पार्थिव वस्तुओं को चुनते हैं।

अध्याय 6 में बनाए गए थियोडोलाइट या ऐस्ट्रोलेब और पट्टक की सहायता से सूर्य या चन्द्रमा के उदय या अस्त के अवसर पर उनके वेग को नापिए। इसकी तुलना उनके उस समय के वेग से करिए जब वे हमारे ऊपर थे।

हमारी दृष्टि प्रतिक्षण बदलती हुई इस दुनिया की स्थिर प्रतिछाया मात्र नहीं है। जिस प्रकार हमें किसी यन्त्र से काम लेना सीखना पड़ता है, उसी प्रकार हमें अपनी आंखों का उपयोग भी सीखना पड़ता है। दूरी, दिशा और स्थिति के हमारे अनुमान केवल इस पर निर्भर नहीं करते कि हमारी आंख का मूर्ति-पटल या रेटिना (इस अध्याय के प्रयोग ग-1 को देखिए) हमें क्या बताता है, वरन् उन्हें देखने के लिए उनमें इन पेशियों की जटिल गतियां जो आंख के लैन्स को चलाती हैं, उन मांसपेशियों की गतियां जो अक्षिगोलक को अपने कोटर में सम्भालती हैं और साथ ही गरदन और अंगों को चलाने वाली पेशियों की गतियां और वे सब संकेत भी सम्मिलित हैं, जिन्हें ये सब पेशियां किसी काम को करते समय मस्तिष्क को भेजती हैं। हम अपनी शारीरिक गतियों में और अपनी आंखों की पेशियों की गतियों और रेटिना पर बने प्रकाश-चित्र में प्रतिदिन के जीवन के साधारण अनुभव में सम्बन्ध जोड़ना सीखते हैं।

हमारे प्रतिदिन के अनुभव का एक ढंग

यह भी है कि प्रकाश सीधी रेखाओं में चलता है। हम वस्तुओं को एक रेखा में रखना सीखते हैं। वह सूक्ष्म समंजन, जिसके कारण हम किसी देखी हुई वस्तु को पकड़ सकते हैं, या किसी छुई हुई वस्तु को देख सकते हैं, अनायास अस्त-व्यस्त हो जाता है।

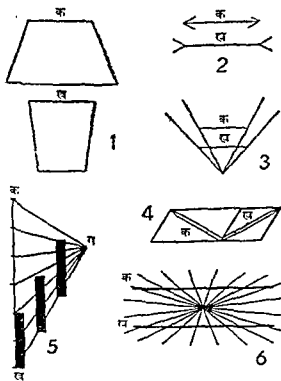
कुछ भ्रमोत्पादक चित्र नीचे दिए जाते हैं। आप देखेंगे कि जिस वस्तु की आप जो नाप समझते हैं वह वास्तव में आपकी धारणा से भिन्न है।

से देखते रहिए, तब पुस्तक को धीरे-धीरे घुमा कर उल्टा कर दीजिए।

संख्या 10 : भीतर का वर्ग कभी उभरा हुआ और कभी धंसा हुआ जान पड़ता है।

संख्या 11 : कभी आप यह समझेंगे कि आप घन के माथे को देख रहे हैं तो कभी उसकी पेंदी को।

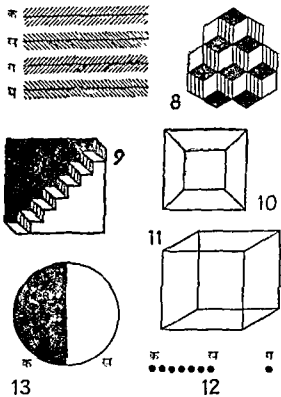
संख्या 12 : ध्यान से चित्र को देखिए और क ख तथा ख ग की लम्बाई की तुलना करिए।

संख्या 13 . चित्र को सरसरी तौर पर देखिए,

संख्या 1, 2, 3, 4 . रेखा क और ख को ध्यान से देखिए और उनकी लम्बाइयों की तुलना करिए।

संख्या 5 वाले स्तम्भों की ऊंचाइयां विभिन्न जान पड़ती हैं।

संख्या 6, 7 : क्षतिज रेखाओं को देखिए, क्या वे समानान्तर हैं ?

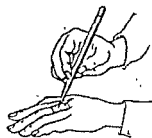
संख्या 8 : घनों (क्यूब्स) को गिनिए और तब सावधानी से इन्हें फिर गिनिए।

संख्या 9 : सीढ़ी को कुछ समय तक ध्यान

क्या यह वास्तव में पूर्ण वृत्त है ?

7. स्पर्श-ज्ञान

अपने हाथ की बीच की अंगुली (मध्यमा) की पहली सन्धि के पिछली ओर अर्थात् उस सन्धि की पीठ पर पेंसिल से एक 1 सेंटीमीटर का वर्ग बनाइए। पेंसिल को खूब नुकीली कर लीजिए और नोक को वर्ग के भीतर की त्वचा पर कई स्थानों पर दबाइए। जिन तन्त्रिकाओं की सहायता से हमें स्पर्श, उष्मा, शीत और पीड़ा का ज्ञान या अनुभव होता है, उनके सिरान्त त्वचा में ही रहते

हैं। वर्ग के भीतर उन बिन्दुओं का पता लगाइए, जो इनमें से प्रत्येक का अनुभव कराते हैं।

कुछ ऐसी स्थितियों के उदाहरण दीजिए, जिनमें पड़ने पर स्पर्श, उष्मा, शीत और पीड़ा का ज्ञान हमें हानि अथवा खतरे से बचने में सहायता दे सकता है।

8. ताप का अनुभव करने वाली इन्द्रिय की जांच

अध्याय-13, प्रयोग ख-1, पृष्ठ 185 देखिए।

ग. मानव-शरीर के कुछ अंग

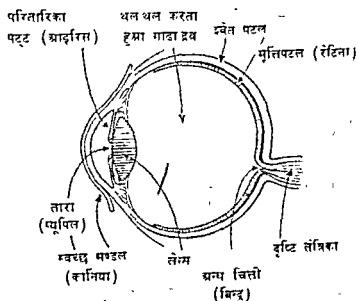
1. आंख

1. आंख का विच्छेदन करना

आप किसी बकरी या भेड़ की आंख भी ले सकते हैं। सामने की पारदर्शक झिल्ली या कानिया को हटा दीजिए। तब पुतली (आइरिस) दिखाई पड़ेगी और उसके बाद मणिभ लैन्स।

यह लैन्स आंख को दो भागों में बांट देता है। सामने के भाग में एक पतला द्रव होता है, जिसे नेत्र-रस (ऐकुअस ह्यूमर) कहते हैं और पिछले भाग में थल-थल करता हुआ एक गाढ़ा द्रव, जिसे काचामजल (विट्रियस ह्यूमर) कहते हैं। अनकों संवेदी कोशिकाएं (सेंसिटिव सेल्स) रहती हैं। वे तन्त्रिकाएं (नर्व्ज़), जो संवेदनाओं (सेंसेशंस) का ज्ञान कराती हैं, बाहरी श्वेत पटल (स्क्लेराटिक मेम्ब्रेन) के एक छेद से होकर बाहर निकलती हैं। इसलिए यह स्थान प्रकाश के प्रति सुग्राही (सेंसिटिव) नहीं होता और अन्ध-चित्ती (ब्लाइंड स्पाट) कहलाता है।

2. किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब मूर्तिपटल (रेटिना) पर किस प्रकार पड़ता है

सूई-छिद्र कैमरा से सम्बन्धित प्रयोग क-4, पृष्ठ 246, अध्याय-16 देखिए।

लैन्स और काचामजल को हटाने पर, मूर्तिपटल (रेटिना) को अर्थात् प्रकाशग्राही तल को देखा जा सकता है; लैन्स के सम्मुख वाले स्थान में, जिसे पीत चित्ती (येलो स्पाट) कहते हैं,

3. आंख का लैन्स मूर्तिपटल (रेटिना) पर किस प्रकार प्रतिबिम्ब बनाता है

उत्तल लैन्स से प्रतिबिम्ब बनने के विषय पर प्रयोग ग-10, पृष्ठ 254, अध्याय-16 देखिए।

2. हृदय

1. हृदय की धड़कन सुनने के लिए एक सरल उपकरण बनाना

एक स्टेथोस्कोप बनाइए और हृदय की धड़कन सुनने के लिए छात्रों को इसे इस्तेमाल करने दीजिए।

कांच की छोटी कीप, कांच की एक तिमुंही नलिका (T ट्यूब या Y ट्यूब) और कुछ रबड़-नलिकाओं की सहायता से एक बहुत सन्तोषजनक दिखाऊ स्टेथोस्कोप बनाया जा सकता है। कीप की टोंटी पर 7 या 8 सेंटीमीटर लम्बी रबड-नलिका चढ़ा दीजिए। (किसी भी प्रकार की छोटी कीप से काम चल जाएगा, जैसे प्रयोगशाला की कांच की कीप या बच्चों को दूध वाली बोतलों को भरने वाली कीप)। इस छोटी रबड़-नलिका के दूसरे सिरे में तिमुंही नलिका की मध्यस्थ नलिका डाल दीजिए और उस तिमुंही नलिका की दोनों भुजाओं में अधिक लम्बी रबड़-नलिकाएं जोड दीजिए।

स्टेथोस्कोप को काम में लाने के लिए एक छात्र से कहिए कि वह कीप को अपने हाथ के ऊपर अच्छी तरह से दबाए रहे और दूसरा छात्र लम्बी रबड़-नलिकाओं के सिरों को अपने कान में लगा ले। हृदय की ध्वनियां बड़ी स्पष्टता से सुनाई पड़ेंगी, यद्यपि छात्र उनका अर्थ न समझ सकेंगे। डाक्टर यह देखने के लिए स्टेथोस्कोप का उपयोग करते हैं कि हृदय की क्रिया साधारण है या नहीं।

यह स्वाभाविक ही है कि इस प्रयोग के बाद इस पर प्रश्न-वार्ता की जाए कि हृदय क्या काम करता है और अच्छा स्वास्थ्य बनाए रखने में उनका क्या महत्व है।

यहां पर हृदय को हानि पहुंचाने वाले जोखिमपूर्ण कामों का भी विवेचन किया जा सकता है और उन रोगों का भी जिनसे कभी-कभी हृदय अस्वस्थ हो जाता है।

2. नाड़ी की गति देखना

छात्रों को नाड़ी की गति जानने की उचित रीति दिखाइए। दो अंगुलियां कलाई पर रखी जाती हैं तथा अंगूठा कलाई की दूसरी ओर। कलाई को धीरे-से दबाइए। 15 और 30 सैकंड तक गिन कर नाड़ी की गति (अर्थात् 1 मिनट में धड़कनों की संख्या) जानने का अभ्यास करिए।

3. नाड़ी पर व्यायाम का प्रभाव

कई छात्रों को अपनी नाड़ी की गति विश्राम अवस्था में और कड़े व्यायाम के बाद नापने दीजिए। परिणामों के सार को एक सारणी में लिख लें।

4. नाड़ी की धड़कन के द्वारा हृदय की धड़कन देखना

दियासलाई के एक सिरे में चौड़े माथे की एक छोटी कील धसा दीजिए। अपना हाथ फैला दें, कलाई का भीतरी भाग ऊपर और क्षैतिज रहे। कलाई के उस स्थान पर, जहां आप नाड़ी का अनुभव कर सकते हैं, कील के माथे को रख कर दियासलाई को खड़ी कर दीजिए। प्रत्येक बार हृदय की धड़कन होने पर दियासलाई का झुकना देखिए।

3. फेफड़े

1. फेफड़े किस प्रकार काम करते हैं

नीचे के चित्र में दिखाए गए उपकरण की सहायता से विद्यार्थियों को प्राचीर (डायाफ्राम) की क्रिया दिखाइए। इसमें रबड़ के गुब्बारे फेफड़े के रूप में हैं, रबड़ नलिका, श्वसन-नलिका (विंड पाइप) है और खुली पेंदी वाला कांच का बरतन अस्थिमय उर-मेखला (बोनी थोरेसिक गर्डिल) निरूपित करता है। प्राचीर को नीचा करने से छाती की गुहा (कैविटी) की दाब कम हो जाती है और फेफड़ों में हवा चली जाती है। प्राचीर को उठाने में वायु का प्रवाह उलट जाता

है। सन्धर को बन्द रख कर प्राचीर हिलाने-डुलाने की चेष्टा करिए।

2. अपने फेफड़े की धारिता को जानना

छात्रों को यह जानना रोचक लगेगा कि उनके फेफड़े कितनी वायु विस्थापित कर सकते हैं। इसे बड़ी सरलता से नापा जा सकता है।

एक बड़ी बोतल को पानी से भरिए और उसमें दो छेद वाली डाट लगाइए। एक छेद में एक रबड़-नलिका लगा दीजिए। दूसरा छेद निकासी के लिए है। एक बरतन को दूसरे बड़े बरतन पर उलट दीजिए और किसी छात्र से कहिए कि रबड़-नलिका द्वारा एक बार पूरी सांस छोड़े। इसके बाद निकासी वाले छेद को अंगुली से बन्द कर दीजिए और पहले बरतन को बड़े बरतन से हटा लीजिए। किसी अंशांकित में मापिए कि पहले बरतन को फिर पूरा भर देने में कितने पानी की आवश्यकता पड़ती है। जितने पानी की आवश्यकता पड़े उतनी ही हवा सांस द्वारा बाहर निकाली गई थी।

अध्याय—18

अध्यापकों के लिए कुछ उपयोगी टिप्पणियां

1. कांच के बरतनों को साफ करना

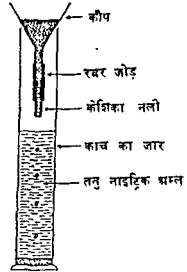
एक लिटर पानी में 100 ग्राम सांद्र (कंसेंट्रेटेड) सल्फ्यूरिक अम्ल मिलाइए और उसमें 100 ग्राम पोटासियम डाइक्रोमेट। कांच के बरतन इस घोल में भिगोए जा सकते हैं। घोल का उपयोग बार-बार किया जा सकता है।

चेतावनी : यह घोल अत्यन्त क्षारक होता है अतः बड़ी सावधानी बरतनी चाहिए कि यह घोल त्वचा या कपड़ों पर न जाए। जब सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल को तनु (डाइल्यूट) करना हो तो चीनी मिट्टी या जबलपुरी मिट्टी के बरतन का उपयोग करिए। अम्ल को पानी में बहुत धीरे-धीरे छोड़िए (न कि पानी को अम्ल में) क्योंकि इस क्रिया में बहुत ऊष्मा निकलती है।

ज्ञात कारणों से पड़े धब्बों को छुड़ाने के लिए शिक्षक को अपने रसायन-ज्ञान का उपयोग करना चाहिए। यदि गन्दे बरतन मे पहले क्षार (अल्कली) अथवा क्षारीय प्रतिक्रिया वाला लवण रहा हो तो प्रत्यक्ष है कि पहले थोड़ा-सा तनु अम्ल लेकर देखना चाहिए कि वह साफ करता है या नहीं ? यदि धब्बा या रंग पोटासियम परमेंगनेट के कारण पड़ा हो तो सोडियम सल्फाइट के घोल में थोड़ा तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डाल कर इस अम्लीकृत घोल से काम लेना चाहिए, इत्यादि।

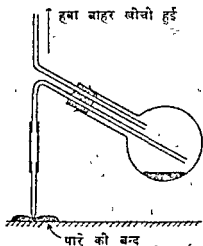
क्षार काच को धीरे-धीरे खा डालते हैं और वे बोतलें, जिनमें बहुत दिनों तक दाहक सोडा (कास्टिक सोडा) आदि रखा जाता है, पहले के समान दुबारा पारदर्शी नहीं हो सकेंगी।

2. पारे को साफ करना

जब किसी तल पर बहने पर पारा 'पूछ' छोड़ने लगे तो उसकी सफाई आदि करनी चाहिए। एक लम्बे-से बरतन में, तनु नाइट्रिक अम्ल भर कर पारे को उसमें टपकने दीजिए। यह नाइट्रिक अम्ल उस साधारण तनु नाइट्रिक अम्ल की अपेक्षा, जिसका उपयोग छात्र कक्षाओं में अभिकर्मक के रूप मे करते हैं, कुछ अधिक तनु होना चाहिए। यदि पारा अम्ल में बहुत पतली धार में गिरे तो और भी अच्छा होगा। कीप के अन्त में लगी केशिका नली (कैपिलरी ट्यूब) से जाने पर पारा पतली धारा के ही रूप मे नीचे आता है। इसके बाद पारे को एक पक्की बोतल में डाल कर और पानी मिला कर खूब जोर से हिलाया जाता है ताकि पारा अम्ल से मुक्त हो जाए। अन्त में फिल्टर पेपर के बीचोंबीच एक सूई-छिद्र बनाइए और पारे को उसमें से निकलने दीजिए। इसके लिए फिल्टर पेपर को साधारण रीति से मोड़ कर कीप में रखा जाता है। कीप मे पारे की जो अन्तिम बूंदें रह जाती हैं, उन्हें अलग उस अवसर के लिए रख छोड़ना चाहिए जब पारे की फिर से सफाई की जाएगी। यदि विशेष रूप से सूखे

पारे की आवश्यकता हो तो अन्तिम बार छानने के पहले उसे एअर ओवन में गरम कर लेना चाहिए ।

3. नीचे गिरे हुए पारे को इकट्ठा करना और पारे में से हवा के बुलबुलों को दूर करना

पारा भरते समय नलिका में से हवा के बुलबुले निकलने लगते हैं । उन्हें दूर करने के लिए नलिका के पूरा भर जाने के पहले, उसको अंगुली से बन्द करके उलट दिया जाता है । तब हवा का एक बड़ा बुलबुला ऊपर चढ़ता है । जब नलिका को फिर उल्टा जाता है, तो बड़ा बुलबुला अपना मार्ग उलट देता है और छोटे बुलबुलों को अपने साथ लेकर ऊपर आकर निकल जाता है । तब नलिका को भरने के लिए थोड़ा ही पारा डालना शेष रहता है, जो डाल दिया जाता है ।

तश्तरी, मेज़ या फर्श पर गिरे पारे को एक छोटी धोवन-बोतल (वाश-बाटल) में चूस कर इकट्ठा किया जा सकता है ।

4. जीव-विज्ञान सम्बन्धी सामग्री एकत्र करना

यदि इन वस्तुओं को अच्छी दशा में न रखा जाए तो इनका कुछ मूल्य नहीं रहता, और विविध प्रकार की वस्तुओं को सम्भाल कर रखने के लिए विभिन्न रीतियों की आवश्यकता पड़ती है ।

फूल और पौधे : सुखाए हुए नमूनों के संग्रह को शाक-संग्रह (हर्बेरियम) कहते हैं । शाक-संग्रह बनाने का प्रमुख उद्देश्य यह है कि सामान्य सन्दर्भ के लिए ज्ञात पौधे सुगमता से उपलब्ध रहें और नए-नए एकत्रित नमूनों का नामकरण सुगम हो । विविध प्रकार के फूलों, पत्तियों, फलों और जड़ों के उदाहरण दिखाने के लिए शिक्षक के पास सदा पर्याप्त सामग्री रहनी चाहिए । कोई भी नमूना तब तक पूर्ण नहीं माना जा सकता जब तक उस पौधे के सभी अंग उपस्थित न रहें ।

फल और फूल दोनों एक ही समय में बहुधा उपलब्ध नहीं होते, इसलिए यह आवश्यक हो जाता है कि एक पौधे का पूर्ण नमूना एकत्र करने के लिए एक से अधिक बार प्रयत्न किया जाए ।

पौधों को समाचारपत्रों के कागजों के बीच में दबा कर सुखाया जा सकता है । इस काम के लिए विशेष कागज भी बिकता है परन्तु यदि नमूने के प्रत्येक ओर दो या तीन ताव समाचारपत्र रख दिए जाएं तो भी सन्तोषप्रद काम हो सकता है । एक ही साथ नमूने की कई तहें दबाई जा सकती हैं । प्रत्येक दो-चार तहों के बीच कड़ी नालीदार दफ्ती रख देने से पौधा जल्दी सूखता है । दबाने के लिए कागजों सहित नमूनों को मेज पर रखना चाहिए, सबसे ऊपर पटरा रखना चाहिए और उस पर काफी बोझ । परन्तु यदि नमूनों को जालीदार चौखटों के बीच रखा जाए, और चौखटों को कमानी, पेंच, या पट्टों से एक-दूसरे पर दबाया जाए, तो नमूने शीघ्र सूखने लगते हैं । आरम्भ में कुछ दिनों तक नमूनों को प्रतिदिन निकाल कर नए कागजों के बीच रखना चाहिए, परन्तु जब वे कुछ सूख जाते हैं तो इतने शीघ्र कागज बदलने की आवश्यकता नहीं रहती ।

यदि 100 मिलीलिटर मेथिलेटेड स्पिरिट में 0.5 ग्राम मर्क्यूरिक क्लोराइड को घोला जाए और इस घोल को नमूनों पर ब्रुश से हल्के-हल्के लगा दिया जाए तो उनमें फफूंदी लगने का डर कम रहता है । तब नमूनों को गोंद या सरेस

से (लगभग 25×45 सेंटीमीटर के नाप के) मजबूत ड्राइंग कागज़ पर, अथवा कार्ड पर, जो विशेष रूप से इसी काम के लिए बनता है, चिपका देना चाहिए। गोंद या सरेस बनाते समय उसमें थोड़ा मर्क्यूरिक क्लोराइड डाल देना चाहिए, इससे नमूनों में कीड़े लगने की सम्भावना कम हो जाती है। चिपकाने की बजाय या चिपकाने के बाद भी, नमूनों को कार्ड पर सी देना चाहिए, अथवा चिपकाने वाले पारदर्शी फीते से चिपका देना चाहिए।

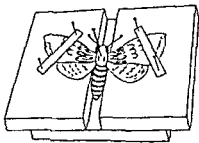
प्रत्येक नमूने पर कम-से-कम निम्न ब्यौरा अंकित कर देना चाहिए: (क) नमूने का नाम तथा उसकी जाति, (ख) उस व्यक्ति का या लोगों का नाम जिन्होंने नमूने की पहचान की हो, (ग) प्राप्ति स्थान और दिनांक, तथा (घ) पाने वाले का नाम।

सम्भव है फल तथा अन्य स्थूल सामग्री को, जिनका नमूने से सम्बन्ध हो, अलग नाम लिख कर रखना पड़े, परन्तु छोटे बीजों को तो एक लिफाफे में रख कर आरोपण कार्ड पर टांका जा सकता है।

कीट: इन्हें मारने की सबसे अच्छी रीति यह है कि किसी चौड़े मुंह की बोतल में उपयुक्त विष रख कर उस बोतल का उपयोग किया जाए। मारक बोतल निम्नलिखित रीति से सुगमता से बनाई जा सकती है। थोड़े से पेरिस-प्लास्टर को 20 प्रतिशत पोटासियम सायनाइड के 20 प्रतिशत घोल में फेंट कर पतली लेई-सी बना ली जाती है (पोटासियम और सोडियम सायनाइडों का बाजारू मिश्रण भी सन्तोषजनक होता है) और उसे शीघ्रतापूर्वक बोतल की पेंदी में लगभग 1 सेंटीमीटर की ऊंचाई तक उंडेल दिया जाता है। वहां वह शीघ्र कड़ा हो जाएगा। सोख्ता का एक टुकड़ा काट कर उसे सायनाइड और पेरिस-प्लास्टर पर रख दीजिए। उस कागज़ में पहले से ही बहुत-से छेद कर दीजिए, बोतल पर पेचदार ढक्कन हो या कस कर बैठने वाली वायु-अभेद्य डाट हो। तब यह बोतल कई महीनों तक काम दे सकेगी।

चेतावनी: पोटासियम और सोडियम के सायनाइड घातक विष हैं और उनका प्रयोग बड़ी ही सावधानी से करना चाहिए।

मारक बोतल में डालने पर पकड़ा हुआ कीट पहले केवल अचेत हो जाता है। इसलिए उसे बोतल में कुछ घंटों तक रख छोड़ना चाहिए। तब वह मर जाएगा। फिर उसे निकाल कर आरोपण-पट्ट पर रखना चाहिए। साधारण आरोपण-पट्ट पर अर्ध बेलनाकार खांचा बना रहता है। उसके बदले में निम्नलिखित ढंग से भी एक और पट्ट बनाया जा सकता है। चित्र में दिखाई गई रीति से एक मोटे गत्ते पर या सपीडित काग से बनाई गई चादर के एक टुकड़े पर उसी प्रकार के दो गत्ते आदि जड़ दिए जाएं, परन्तु उनके बीच कुछ जगह छूटी रहे। आरोपण-पट्ट केवल इतना ही बड़ा रहे कि वह कीट को सन्तोषजनक रीति से पकड़े रहे। तब एक लम्बी पतली पिन को, जो इसी काम के लिए बिकती है, कीट के वक्ष के बीच से पार कर दिया जाता है ताकि कीट खांचे में अपनी ठीक स्थिति में स्थिर हो जाए। उसके बाद एक पतली चिमटी लेकर कीट के पंख, टांग और शृंग (ऐंटेना) को सावधानी से फैला दिया जाता है और कागज़ की पतली-पतली पट्टियां लगा कर उन्हें स्थिर कर दिया जाता है। (ये पट्टियां पिनों से जोड़ी जाती हैं, परन्तु पिनें कीट को छूने न पाएं)। इस नमूने को अब पूरी तरह सुखाना चाहिए—बरसात के दिनों में यह सरल नहीं है; हां, यदि कीट सहित पटरे को शोषित्र (डेसिकेटर) में कई दिनों तक पड़ा रहने दिया जा सके तो वह सूख सकता है। जब वह सूख जाए तो कागज की पट्टियों को हटा दिया जाता है, क्योंकि अब कीट के विविध अंग अपने आप ही उचित स्थान में रहेंगे। सूखने से कीट भुरभुरा हो जाता है, इसलिए वक्ष वाली पिन को निकालने की चेष्टा नहीं करनी चाहिए। इस पिन को पकड़ कर कीट को सुखाने वाले पटरे से उठा लिया जाता है। फिर कीट को आरोपण-कार्ड पर उचित स्थिति में इसी पिन से टिका दिया जाता है, आरोपण-कार्ड गत्ते

या सपोडिन काग की चादर है, जिसे पहले से काट कर टीन के चपटे डिब्बे अथवा किसी उपयुक्त बक्स के पेंदे में बैठा दिया जाता है। ढक्कन के बदले काच का उपयुक्त आवरण लगाया जा सकता है।

गरम देशों में नमूनों को सुरक्षित रखना कुछ कठिन होता है। वहां एक प्रमुख समस्या यह होती है कि नमूनों को विविध प्रकार की चींटियों से कैसे बचाया जाए। चींटियों की कुछ नन्ही जातियां आंतरंग (विसरा) खाने के लिए लालायित रहती है, चाहे वह सूखी मिले चाहे ताजी और वे सिर, वक्ष (थोरेक्स) और पंख को छोड़ सब कुछ खा जाने पर तुल जाती हैं। इसलिए नमूनों को या तो ऐसे डिब्बों में रखना चाहिए जिनमें ये चींटियां न घुस सकें, या डिब्बों को किसी ऐसे आधार पर रखना चाहिए जो चारो ओर से द्रव से घिरा हुआ हो। पानी का उपयोग करने पर उसमें बार-बार पानी डालने की आवश्यकता पड़ती है क्योंकि पानी सूख जाता है। फिर पानी के ऊपर तेल या कोई कीटाणुनाशी भी डालना पड़ता है ताकि मच्छर न उत्पन्न हों। मोटरकार के भीतर से निकाला गया इंजिन का पुराना तेल पानी के बराबर ही अच्छा काम देता है और उस पर ध्यान देने की आवश्यकता भी कम ही रहती है। सम्भवतः सबसे अच्छा उपाय यह है कि नमूनों को किसी मेज पर रखा जाए और मेज की टांगें तेल या किसी कीटाणुनाशी के बरतनों में डूबी रहें। यदि द्रव के बीच में छोटे डिब्बे उलट कर रख दिए जाए तो मेज की टांगें साफ और सूखी रहेंगी। चींटियां तथा अन्य हानिकारक कीड़े इस द्रव को पार नहीं कर सकते।

अन्य जीव-विज्ञानीय नमूने : स्थल-जलचरों, रेंगने वाले जानवरों (सांप आदि), पक्षियों और स्तनधारी जीवों को मारने के लिए क्लोरोफार्म से काम लेना चाहिए। इसके लिए उन्हें किसी ऐसे बक्स में बन्द कर दिया जाता है, जिसमें क्लोरोफार्म से तर की गई रूई की गद्दी रखी गई हो। स्तनधारी 70 प्रतिशत ऐल्कोहल या 4 प्रतिशत फार्मेलिन में सुरक्षित रखे जा सकते हैं। स्थल-जलचर, रेंगने वाले जानवर, घोंघे आदि (मोलस्क) और क्रस्टेशिया (कड़े खोल वाले जानवर) आदि को सुरक्षित करने के लिए उन्हें ऐल्कोहल में रखना अधिक उचित होगा।

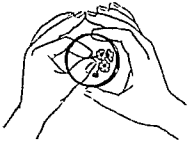
छोटे कंकालों की सफाई करने और सींग वाले बड़े बीटलों (चपड़ों) से आंतरंग निकालने का काम गरम देशों में चींटियों पर छोड़ा जा सकता है। इसके लिए मरे जानवरों को सुविधाजनक स्थान में छोड़ दिया जाता है। उनकी उपस्थिति का पता विविध प्रकार की चींटियों को शीघ्र लग जाता है। और थोड़े ही समय में पूर्णतया स्वच्छ नमूना पात्र बच रहता है। हड्डियों को पहले विरंजन चूर्ण (ब्लीचिंग पाउडर) लगा कर और बाद में हाइड्रोजन पराक्साइड का उपयोग करके दांत साफ करने के पुराने ब्रुश से रगड़ना चाहिए।

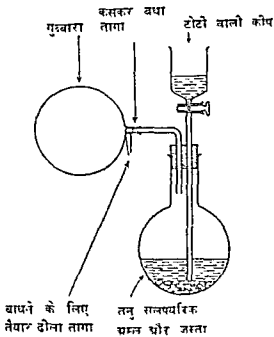
5. वानस्पतिक नमूने

यदि इनको तुरन्त ही दबाया न जा सके तो तब तक इन्हें ताजा रखने के लिए इन्हें टीन के किसी बन्द डिब्बे में रख कर प्रशीतक (रेफ्रीजरेटर) में रख देना चाहिए। यहां वे सुगमता से एक सप्ताह तक कड़े और ताजा रहेंगे।

6. हाथ का लैंस

कम आयु के छात्रों को लैंस तथा देखी जाने वाली वस्तु को बिना हिलाए-डुलाए पकड़ रखने में कठिनाई पड़ती है और इसलिए वे प्रतिबिम्ब को फ़ोकस में नहीं ला पाते। यदि एक हाथ के अंगूठे तथा तर्जनी से वस्तु को पकड़ा जाए और दूसरे हाथ के अंगूठे तथा तर्जनी

से लैन्स को पकड़ा जाए और बिचली अंगुलियों के सिरे से दूसरे को दबाते रहें तो लैन्स और वस्तु को स्थिर रखना बहुत सरल हो जाता है ।

7. हाइड्रोजन भरे गुब्बारे

खेलने के गुब्बारों को हाइड्रोजन से भरने के लिए साधारण थिसल-फनेल के बदले टोंटी (टैप) वाली कीप से भी काम लिया जा सकता है । निकास-नलिका यथासम्भव बड़े व्यास की रहे । गुब्बारे के मुह को कांच-नलिका के एकदम सिरे पर बाधना चाहिए ताकि ठीक समय पर बिना कांच-नलिका से उतारे ही गुब्बारे के मुह को बांधा जा सके । बरतन में अम्ल उतरने दिया जाता है और तब टोंटी बन्द कर दी जाती है । बरतन कोई मज़बूत फ्लास्क या बोतल हो ।

8. उष्णदेशीय परिस्थितियां

प्रयोगशाला में गड़बड़ी के कई कारण होते हैं । ये गड़बडियां विशेष कर गरम देशों मे बरसात में होती हैं । वस्तुएं नष्ट हो जाती हैं, कागज़ चिपक जाते हैं, यन्त्रों में ज़ंग लग जाता है, नमूनों मे फफूदी लग जाती है । लैन्सों पर ऐसी फफूंदी लगती है जो उनको बेकाम कर देती है और लैन्सों के साफ और सही-सही बैठाए गए तलों को घिस-घिस कर पूर्णतया चौपट कर देती है । ऊपर से चीटियां, दीमक तथा अन्य कीट भी अपना विनाशकारी कार्य सदैव जारी रखते हैं ।

जिन वस्तुओं को वायु-अभेद्य बरतनों मे रखा जा सकता है, उन्हे वही रखना चाहिए । कांच के बरतन, उदाहरणार्थ अमृतवान अथवा नमूने रखने के बरतन इस काम के लिए सर्वोत्तम हैं बशर्तेकि उनके ढक्कनो की सन्धियों में अच्छी तरह से वसा (ग्रीज) लगा दी जाए । पेचदार ढक्कन वाले बरतन भी, जिनमे विलायती मिठाइयां आती हैं, बहुत उपयोगी होते हैं । धातु के डिब्बों को, उदाहरणार्थ बिस्कुट के डिब्बों, केक के डिब्बो, इत्यादि को, डिब्बों और ढक्कन की सन्धि पर विसंवाही फीता (इन्सुलेटिंग टेप) चिपका कर, पर्याप्त वायु-अभेद्य बनाया जा सकता है ।

माइक्रोस्कोप के लैन्सो को, जब उनसे काम न लिया जा रहा हो, शोषित्र (डेसिकेटर) में रखना चाहिए । मूठ्यो को वैसलिन मले हुए कपड़ों में खोंसना चाहिए । धातु के उपकरणों, जैसे पेच मापनी (स्क्रू गेज), वर्नियर कैलिपर्स, स्वरित्र (ट्यूनिंग फोर्क), इत्यादि को वसा (ग्रीज़) चुपड़ कर रखना चाहिए । भभका धाम (रिटार्ट स्टैंड) के पेंदे, छल्ले और सन्धरों (क्लैंपो) के पेचों पर बार-बार तेल लगाना चाहिए । छुरी आदि पर वैसलिन चुपड़ कर उन्हें उनके खोलों या डिब्बों मे रखना चाहिए । हथियारों के धातु वाले भागों को तेल लगे कपड़े से रगड़ना चाहिए ।

लेई, गोंद और सरेस में कोई ऐसा रासायनिक पदार्थ डाल देना चाहिए, जिससे वे सड़ें नही । गरम देशों के लिए इस प्रकार की एक विशेष लेई मिलती है । परन्तु यदि शिक्षक इसे स्वयं बनाना चाहें तो

बनाते समय इसमें मर्क्यूरिक क्लोराइड का थोड़ा-सा घोल डाल कर काम चलाया जा सकता है। (मर्क्यूरिक क्लोराइड न मिले तो कार्बोलिक ऐसिड का उपयोग किया जा सकता है; पाव भर लेई में 20 बूंद बिना पानी मिला कार्बोलिक ऐसिड काफी होगा)। 'इट इज़ इज़ी टु रिड्यूस ह्यूमिडिटी' शीर्षक पुस्तिका भी पढ लें; प्रकाशक है— दि कैल्सियम क्लोराइड इंस्टिट्यूट, 909 रिंग बिल्डिंग, वाशिंगटन, डी० सी०, यू० एस० ए०।

9. पोषक घोल (पौधों के लिए)

एक लिटर आसुत जल (डिस्टिल्ड वाटर) में निम्नलिखित लवणों को घोलिए; लवण बिल्कुल विशुद्ध होने चाहिए :—

0.70 ग्राम पोटासियम नाइट्रेट
0.25 ग्राम कैल्सियम सल्फेट (जलयोजित)
0.25 ग्राम कैल्सियम हाइड्रोजन फास्फेट (जलयोजित)
0.25 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट (जलयोजित)
0.08 ग्राम सोडियम क्लोराइड
0.005 ग्राम लौह (फ़ेरिक) क्लोराइड (जलयोजित)

इस घोल को बनाने पर इसमें निम्नलिखित घोलों को डालना चाहिए :—

1 मिलीलिटर बोरिक अम्ल का 0.06 प्रतिशत घोल।

1 मिलीलिटर मैंगनीज क्लोराइड का 0.04 प्रतिशत घोल।

10. अभिरंजक

आम तौर पर अभिरंजकों का बना-बनाया घोल खरीदना ही अच्छा होता है परन्तु निम्नलिखित योग (नुस्खे) भी उपयोगी सिद्ध हो सकते हैं :—

(क) ऐनीलीन सल्फेट : संतृप्त (सैचुरेटेड) घोल में कुछ बूंद तनु (डाइल्यूट) सल्फ्यूरिक अम्ल छोड़ दिया जाता है।

(ख) बोरैक्स कार्माइन : 100 मिलीलिटर पानी में 4 ग्राम बोरैक्स घोला जाता है, फिर 3 ग्राम कार्माइन डाल कर घोल को तब तक गरम किया जाता है जब तक कि कार्माइन घुल न जाए। तब 70 प्रतिशत एथिल ऐल्कोहल 100 मिलीलिटर डाल कर घोल को छान लिया जाता है।

11. समुद्र-जल

2 लिटर पानी में निम्नलिखित वस्तुओं को घोल कर समुद्र-जल के बदले इस घोल से भी सन्तोषजनक काम लिया जा सकता है :—

45.0 ग्राम सोडियम क्लोराइड
3.5 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट
5.0 ग्राम मैग्नीशियम क्लोराइड
2.0 ग्राम पोटासियम सल्फेट

12. संचायकों के लिए घोल

(क) जस्ते के संचायक : बैटरी की विविध अवस्थाओं में बैटरी में सल्फ्यूरिक अम्ल का घनत्व निम्नलिखित होता है :

पूरा आवेशित (चार्ज) होने पर	1.28
आधा आवेशित (चार्ज) होने पर	1.21
निरावेशित होने पर	1.15

ऊपर के अंक अनुमानित मात्र हैं। साधारणतः बैटरी निर्माताओं द्वारा बैटरी पर अंकित निर्देशों का पालन करना चाहिए (1.28 घनत्व के सल्फ्यूरिक अम्ल को बनाने के लिए साधारण निर्देश निम्नलिखित हैं :—

बीकर में दो-तिहाई आसुत (डिस्टिल्ड) जल भरिए। उसमें सांद्र (कंसेंट्रेटेड) सल्फ्यूरिक अम्ल धीरे-धीरे छोड़िए और मिश्रण को बराबर चलाते रहिए। जब मिश्रण लगभग खौलने लगे तो घोल को ठण्डा होने दीजिए। फिर पहले ही की तरह सावधानी के साथ और अम्ल छोड़िए। जब घोल फिर खौलने लगे तब उसे ठण्डा होने दीजिए। जब घोल का ताप कमरे के ताप के बराबर हो जाए तब घनत्व को अधिक अम्ल या अधिक जल छोड़ कर ठीक कर लिया जाता है। घनत्व को द्रवघनत्वमापी से नापा जाता है।

(ख) निकल-लोह संचायक (निफे संचायक) इसमें जिस दाहक सोडा का प्रयोग किया जाता

है उसका आपेक्षिक घनत्व निम्नलिखित रहता है :

घोल को आवश्यक घनत्व के लगभग बराबर घनत्व का बनाने के लिए चार पाउंड (2 किलोग्राम) दाहक सोडे को 1 गैलन (5 लिटर) पानी में घोलिए। इसमें और पानी डाल कर इसे आवश्यकतानुसार तनु किया जा सकता है।

13. ध्रुव-सूचक कागज

सोख्ते को सोडियम सल्फेट के घोल मे फेनाल्फ-थलीन की कुछ बूंदे डाल कर तनु कर लिया जाता है। इस्तेमाल के पहले कागज को भिगो लीजिए और तारो को एक-दूसरे से कुछ दूर रख कर कागज से छुआइए। कागज का जो भाग ऋण ध्रुव से छू जाएगा वह लाल हो जाएगा।

14. विद्युत्-लेपन (एलेक्ट्रोप्लेटिंग) के लिए विविध घोल

(क) तांबा—300 मिलीलिटर पानी मे लगभग 100 ग्राम तूतिया (कापर सल्फेट) के रवे घोले जाते है, तब उसमें 6 ग्राम पोटासियम बाइसल्फेट और 5 ग्राम पोटासियम सायनाइड डाला जाता है। फिर पानी मिला कर घोल को 450 मिलीलिटर के बराबर कर दिया जाता है। (बनाते समय घोल को ठण्डा रखना चाहिए।)

(ख) चांदी—लगभग 500 मिलीलिटर पानी में लगभग 20 ग्राम सोडियम सायनाइड (विष) और 40 ग्राम मणिभ (क्रिस्टेलाइन) सोडियम कार्बोनेट घोले जाते है। फिर अलग से 250 मिलीलिटर पानी में लगभग 20 ग्राम सिल्वर नाइट्रेट घोला जाता है और दूसरे घोल को पहले मे धीरे-धीरे छोडा जाता है और पानी मिला कर मिश्रण को 1 लिटर के बराबर कर लिया जाता है।

(घोलो मे होकर कितनी विद्युत्-धारा प्रवाहित की जाए, यह उस विद्युदग्र के क्षेत्रफल पर निर्भर है, जिस पर चादी चढ़ाई जाएगी। 100 वर्ग सेंटीमीटर तल के लिए विद्युत्-धारा को 2 अंपियर से अधिक नही होना चाहिए। यदि विद्युदग्र छोटा हो तो धारा को उसी अनुपात में कम होना चाहिए। इस प्रकार चढ़ाई गई चांदी चमक-रहित होगी। उसमें वह चमक-दमक नही रहेगी, जिसकी लोग आशा करते है। चमक के लिए उसे किसी कड़े, चिकने अधातु-तल से, उदाहरणार्थ हड्डी की छुरी से, घोटना अर्थात् रगडना पड़ता है।)

15. कांच पर पालिश (कांच पर चमकीला रजत दर्पण चढ़ाने के लिए)

पहले 100 मिलीलिटर जल (आसुत जल) मे 12.5 ग्राम सिल्वर नाइट्रेट घोला जाता है और 100 मिलीलिटर जल (आसुत जल) मे 32.5 ग्राम सोडियम पोटासियम टार्टरेट अलग से घोला जाता है। दोनो घोलों को मिला कर 55° सेंटीग्रेड तक गरम किया जाता है और इसी ताप पर 5 मिनट तक रखा जाता है। तब मिश्रण ठण्डा किया जाता है तथा तलछट के ऊपर से साफ द्रव उंडेल लिया जाता है और उसमें (आसुत) जल मिला कर उसकी मात्रा 200 मिलीलिटर कर ली जाती है। इस घोल को हम घोल (क) कहेंगे। फिर 12 मिलीलिटर पानी में 1.5 ग्राम सिल्वर नाइट्रेट घोला जाता है। इसके बाद तनु अमोनियम हाइड्राक्साइड का घोल पूर्वोक्त घोल में धीरे-धीरे इतना डाला जाता है कि जो तलछट पहले बनती है, वह लगभग सारी-की-सारी घुल जाए। इसमें (आसुत) जल मिला कर घोल को 200 मिलीलिटर कर लिया जाता है। यह घोल (ख) है। तब घोल (क) और (ख) मिलाए जाते है (जिस तल पर पालिश करनी हो, उसे पहले बडी सावधानी से साफ कर लेना चाहिए ताकि कहीं भी चिकनाहट—तेल आदि—का नाम न रहे) फिर उसे पूर्वोक्त घोल में इस तरह औंधा लटका देना चाहिए कि काच का तल घोल के तल के नाम-मात्र ही नीचे रहे। घोल को किसी साफ परीक्षण-नलिका अथवा छोटी फ्लास्क मे रखा जा सकता है और इस प्रकार इन बरतनों के भीतर पालिश चढ़ाया जा सकता है। घोल को थोडा-सा गरम कर देने से पालिश शीघ्र चढ़ता है।

16. उष्माग्राही कागज

जल में कोबाल्ट क्लोराइड घोल कर उसे जल में घोले गए अमोनियम क्लोराइड मे मिला दिया जाता है (कोई विशेष अनुपात आवश्यक नही) । तब घोल मे इतना पानी मिलाया जाता है कि उसका रंग फीका गुलाबी हो जाए । फिल्टर पेपर (सोख्ता) को इस घोल से तर करके सूखने दिया जाता है । सूखने पर वह लगभग वर्ण-रहित जान पड़ता है परन्तु गरम करने पर उसका रंग चटक हरा हो जाएगा ।

17. साधारण कामों के लिए विविध सीमेंट

आजकल बाजार मे कई प्रकार के विशिष्ट सीमेंट (चिपकाने वाले पदार्थ) बिकते हैं । जहां ये न मिलें, वहां निम्नलिखित सीमेंटों को प्रयोगशाला मे बड़ी सुगमता से बनाया जा सकता है —

अम्ल-निर्पेक्ष सीमेंट

1 भाग रबड़ सोल्यूशन
2 भाग अलसी (तीसी) का तेल
3 भाग पिसी सफेद मिट्टी (पाइप-क्ले) (या ह्वाइटिंग, जो पुटीन बनाने के लिए बिकती है)।

जल-कुण्ड के लिए सीमेंट

(क) पिसे गन्धक, अमोनियम क्लोराइड और लोहे की रेतन (बुरादा, फाइलिंग्स) को बराबर-बराबर अनुपात मे मिलाइए । तब उसमें उबाला हुआ अलसी (तीसी) का तेल डाल कर अच्छी तरह मिलाइए । फिर सफेदा (ह्वाइट लेड) डाल कर गाढा लेप बना लीजिए । जहां लगाना हो वहा इसे जमने के पहले ही लगाना चाहिए ।

(ख) सोने की पन्नी चिपकाने वाले द्रव (गोल्ड साइज) में इतना सिन्दूर मिलाइए कि उससे लेई-सा गाढ़ा चिकना मिश्रण बन जाए और जहां लगाना हो तुरन्त लगाइए। कुछ दिनों तक कड़ा होने दीजिए और काम में लाने से पहले कुण्ड धो लीजिए ।

सेलुलायड सीमेंट

सेलुलायड की कतरनों को ऐसिटोन या ऐमिल ऐसिटेट में घोलिए । यह सीमेंट छोटे संचायकों को बनाने में उपयोगी सिद्ध होता है ।

लोहे के लिए सीमेंट

90 भाग महीन लोह रेतन
1 भाग गन्धक के फूल (महीन गन्धक, फ्लावर्स आव सल्फर)
1 भाग नौसादर (अमोनियम क्लोराइड)

ठीक उपयोग के पहले इनमें पानी मिला कर लेप बना लेना चाहिए ।

मोम

चैटरटन कम्पाउंड

1 भाग आर्केंजल पिच
1 भाग रेज़िन

इनको एक साथ पिघलाइए और इनमें 3 भाग क्रेप रबड़ के महीन टुकड़े काट कर मिलाइए ।

फैराडे सीमेंट

5 भाग रेज़िन
1 भाग मधुमक्खी का मोम
1 भाग रामरज (पीली मिट्टी, येलो ओकर)

टीन के बरतन में रेज़िन और मोम को एकसाथ पिघलाइए और उसमें रामरज को फेंटिए ।

वुड की मिश्र धातु (जो 70° सेंटीग्रेड पर पिघलती है)

2 भाग सीसा
4 भाग रांगा
8 भाग बिस्मथ
2 भाग कैडमियम

डार्सेट की मिश्र धातु (जो 70° सें०ग्रे० पर पिघलती है)

5 भाग सीसा
3 भाग रांगा
8 भाग बिस्मथ

18. झलाई

झलाई टाके के द्वारा की जाती है। टांका एक मिश्रधातु है, जिसमें 66 प्रतिशत रांगा और 34 प्रतिशत सीसा (धातु) रहता है और टांका यान्त्रिक तथा बिजली से सम्बन्धित कार्यों में दो धातुओं की सन्धि (जोड) बनाने के लिए उपयोगी सिद्ध होता है। साधारणत. यह पेंसिल या छड़ी के रूप में बिकता है। जहां इसे लगाना हो, वहां इसे पिघला कर तांबे की नुकीली इष्टिका से, जिसे कहिया कहते हैं, लगाया जाता है। कहिया बिजली से भी गरम की जा सकती है (और साधारण कामों के लिए 75 वाट की कहिया ठीक रहेगी) या इसे बुन्सन ज्वाला (या स्पिरिट लैम्प या अंगीठी) में भी गरम किया जा सकता है।

इसे गरम करने के लिए चाहे किसी भी साधन का उपयोग किया जाए परन्तु पहले कहिया के तल को खुरच कर अथवा प्रद्रावक (फ्लक्स) में डुबा कर साफ कर लेना चाहिए अन्यथा टांका इसको पकड़ेगा नहीं। जब कहिया मे ठीक ताप आ जाएगा तो टांके की छड़ी से थोड़ा-सा टांका कहिया के मुंह पर लगाने से वह मुंह के चारों ओर फैल जाएगा। झलने के पहले की इस आरम्भिक क्रिया को 'टांका चढ़ाना' (टिनिंग) कहते हैं। जहां पर जोड़ लगाना हो, उन तलों को भी साफ कर लेना चाहिए। उन पर भी टांका चढ़ाना चाहिए। इसके लिए तलों को गरम करना पड़ता है। तलों पर गरम कहिया रखी जाती है और जब टांका पिघलने लगे तब उसे कहिया की धार से रगड़ कर अभीष्ट स्थान में फैलाया जाता है।

जब दोनों तलों पर टांका फैला दिया जाए तब उनको एक-साथ करके और उचित स्थान में पकड़ कर कहिया से गरम करना चाहिए। ऐसा करने से दोनों तलों पर लगा टांका पिघल कर एक में मिल जाता है और ठण्डा होने पर जोड़ मजबूत बन जाता है। बड़े तलों को गरम करने में अधिक आंच की आवश्यकता पड़ती है, जो स्वाभाविक भी है, और उन्हें अभीष्ट ताप तक गरम करने के लिए विशिष्ट ज्वाला की भी आवश्यकता पड़ सकती है।

झलाई में सफलता पाने के लिए तीन बातें आवश्यक हैं . सफाई, प्रद्रावक और उष्मा।

प्रद्रावक

सबसे अधिक उपयोगी प्रद्रावक (फ्लक्स) रोज़िन है। तांबा, पीतल और टीन (रांगे की कलई किया लोहा) के लिए तो यह विशेष उपयोगी है परन्तु लोहे और इस्पात के लिए यह उतना सन्तोषजनक नहीं है।

'मरा हुआ' ज़िक क्लोराइड या 'मारी हुई स्पिरिट' का इस्तमाल करना सबसे आसान होता है, परन्तु यह सक्षारक होता है (अर्थात् धातु को खा डालता है) और बिजली के काम के लिए इसका प्रयोग न करना ही अच्छा है। जस्ते के टुकड़ों पर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डाल कर इसे सुगमता से बनाया जा सकता है। जब अम्ल की सब क्रिया समाप्त हो जाए तभी इसका इस्तेमाल करना चाहिए। आप चाहें तो तरल को छान कर उसे चौड़े मुंह के बरतन में रख सकते हैं।

विशेष कामों के लिए बाजार में कई प्रकार के प्रद्रावक मिलते हैं। साधारण कामों के लिए 'फ्लक्साइट' सम्भवतः सर्वोत्तम है।

आजकल झालने का लेप (पेस्ट) भी मिलने लगा है। यह टांका और प्रद्रावक का मिश्रण होता है। इसे ब्रुश से लगाया जाता है और केवल कहिया की आंच से ही इस द्वारा सन्तोषजनक जोड़ लगाया जा सकता है।

सीसे को सीसे से जोड़ने के लिए अथवा पीतल को सीसे से जोड़ने के लिए कड़ी चर्बी, पीतल, तांबा, टीन, जस्ता के लिए रोज़िन, 'मारी हुई स्पिरिट' (अर्थात् ज़िंक क्लोराइड) और लोहे तथा चांदी के लिए 'मारी हुई स्पिरिट' उपयोगी है। झालने के बाद 'मारी हुई स्पिरिट' को पानी में धोकर दूर कर देना चाहिए, रोज़िन या फ्लक्साइट को मेथिलेटेड स्पिरिट से धोना चाहिए।

19. श्यामपट्ट के लिए रंग

निम्नलिखित रंग को लगाने से श्यामपट्ट सन्तोषजनक काम देता है :—

100 ग्राम चपड़ा (लाख)

1,000 मिलिलिटर मेथिलेटेड स्पिरिट

100 ग्राम महीन पिसा प्युमिस पत्थर (सम्भवत: कपड़े से छानी गई सुर्खी—पिसी ईंट—से काम चल जाएगा)

100 ग्राम कालिख (कोरा काजल, लैम्प ब्लैक)।

चपड़े के घुलने में कुछ समय लगता है। इसलिए पहले स्पिरिट और चपड़े को मिलाना चाहिए। कुछ स्पिरिट कालिख में मिलाने के लिए रख लेनी चाहिए। इस मिश्रण को महीन कपड़े से छान कर चपड़े के घोल में डालना चाहिए। इस्तेमाल करने के पहले मिश्रण को खूब हिला-मिला लेना चाहिए।

20. चमक-रहित काला रंग

'प्रकाश'-उपकरणों के भीतर रंगाई करने के लिए यह बहुत उपयोगी होता है। आप जो प्रकाश नहीं चाहते यह उसको परावर्तित नहीं होने देता। किरणें भी कम बिखरती हैं और प्रतिबिम्ब अधिक स्पष्ट हो जाते हैं। कालिख को सोने की पन्नी चिपकाने वाले द्रव (गोल्ड साइज) में मिलाया जाता है और उसमें इतना तारपीन (टरपेंटाइन) मिलाया जाता है कि मिश्रण इतना पतला हो जाए कि उससे रंगाई की जा सके। (मेथिलेटेड) स्पिरिट में घोले गए चपड़े के 5 प्रतिशत घोल में कालिख मिला कर भी काम चलाया जा सकता है।

21. फ्लुओरेसिन घोल

(यह उपयोगी है, क्योंकि फ्लुओरेसिन के तनु—फीके—घोल में प्रकाश-रश्मि के चलने का मार्ग बहुत स्पष्टता से दिखाई पड़ता है)। 1 ग्राम फ्लुओरेसिन को 100 मिलीलिटर मेथिलेटेड स्पिरिट में घोला जाता है।

22. कांच काटना

(क) **कांच की चादर** : पहले कांच रखने के लिए कोई मजबूत सपाट तल तैयार करिए। एक मेज पर कंबल या नमदा (या समाचारपत्रों की कई तहें) बिछा कर उससे काम चलाया जा सकता है।

एक पैमाना लीजिए। हीरे की कलम या कांच की कर्तनी (ग्लास कटर) को मजबूती से पकड़ कर उस रेखा पर दौड़ाइए जहां पर आप कांच को काटना चाहते हों। कांच को उलट दीजिए और हीरे की कलम (या कर्तनी) के काठ वाले सिरे हल्के हाथ से रेखा के आसपास ठोंकते जाइए। यदि इससे कांच काट की रेखा पर अलग न हो जाए तो कांच को फिर उलट लीजिए और खरोंच के दोनों ओर एक-एक हाथ से पकड़ कर खरोंच को कब्जा (हिंज) मान कर कांच को बेधड़क मोड़ दीजिए।

(ख) **कांच की नलिका** : नलिका को काटने की सबसे अच्छी विधि यह है कि उसे कांच काटने की छुरी (ग्लास नाइफ) से काटा जाए। और अब 'अविनाशी' छुरियां मिलती हैं। कुछ लोग रेती का भी उपयोग करते हैं परन्तु चीर लगाने के बदले यह कांच में गोल-सा खांचा बना देती है।

जिस स्थान पर आप काटना चाहते हैं, उसको खरोंचिए और इस खरोंच के दोनों ओर कांच को अंगूठे और अंगुलियों के बीच पकड़िए।

फिर नलिका को खींच कर दो टुकड़े कर दीजिए, इस क्रिया में नलिका को जरा-सा मोड़ना भी पड़ेगा।

नलिका से बहुत छोटा टुकड़ा काट कर अलग करने के लिए, खरोंच लगाने के बाद नलिका को एक हाथ से पकड़िए, और खरोंच को किसी कड़े धारदार पदार्थ, उदाहरणार्थ टीन टंच (या तिकोनी रेती की कोर) पर रखिए, तथा किसी कड़ी वस्तु से छोटे सिरे को झटके के साथ ठोंकिए।

मोटी नलिका को सफाई से काटने के लिए चारों ओर खरोंच कर लेनी चाहिए। फिर एक कांच की छड़ की नोक को इतना गरम करके, कि वह लगभग पिघलने लगे, खरोंच के एक ओर रखने से दोनों दिशाओं मे चटक पड़ जाएगी। यदि दोनो ओर की चटकने की रेखाएं एक-दूसरे से ठीक नहीं मिलतीं तो नलिका को दो टुकड़ों में विभक्त करने के लिए इसके बिना चटके भाग को कब्जा (हिंज) मान कर नलिका को मोड़ना चाहिए।

(ग) **बोतल की पेंदी को काट कर अलग करना :** जितनी ऊंचाई पर काटना चाहें, वहा बोतल के चारो ओर खरोच लगा दीजिए। इस खरोंच के दोनो ओर भीगे सोख्ते की धज्जियां लपेट दीजिए।

गैस की पतली ज्वाला खरोंच के किसी विन्दु पर पड़ने दीजिए। जब कांच इस बिन्दु पर चटकना आरम्भ करे तो बोतल को घुमाते जाइए।

कटी खुरदुरी सतह को रेती से चिकना करिए या उसे किसी चपटे कांच-पट्ट (ग्लास प्लेट) पर, जिस पर कार्बोरंडम पाउडर का लेप चुपड़ा गया हो, रगड़ कर चिकना करिए।

(ये बोतलें विद्युत् विश्लेषण सम्बन्धी प्रयोगों में और परिच्छादक बेल-जार 'के रूप' में उपयोगी होती हैं। परिच्छादक की सन्धि को वायु-अभेद्य बनाने के लिए नरम रबड़ के छल्ले (रिंग) का उपयोग किया जा सकता है।

(घ) यदि प्र० धा० (ए० सी०) या दि० धा० (डी० सी०) बिजली उपलब्ध है तो प्रयोग (क) और (ग) के लिए खरोंच पर जर्मन सिल्वर अथवा निक्रोम के तार का वलय रखा जा सकता है। बिजली चालू करने पर तार गरम होकर लाल हो जाएगा और काच को खरोंच के अनुदिश चटका देगा। बिजली के पुराने बल्बों को काटने के लिए भी यह रीति उपयोगी है।

23. आग बुझाने के साधन (अग्निनाशक)

आग बुझाने के सावनों को किसी निश्चित स्थान में इस प्रकार रखना चाहिए कि उनका प्रयोग तुरन्त किया जा सके। शिक्षक और छात्रों को जानना चाहिए कि उनका उपयोग ठीक ढंग से और शीघ्रतापूर्वक किस प्रकार किया जा सकता है।

प्राथमिक चिकित्सा किट

प्रत्येक प्रयोगशाला में या उसकी बगल के कक्ष में, और हो सके तो अलग अलमारी में, प्राथमिक चिकित्सा किट (फ़र्स्ट एड किट) रखा रहना चाहिए। इसे अच्छी दशा मे रखना चाहिए, और शिक्षक को जानना चाहिए कि उसका कैसे उपयोग किया जाए।

24. नील-छाप (ब्लू प्रिंट)

पहला घोल :—पोटासियम फ़ेरीसायनाइड 10 ग्राम, पानी 50 मिलीलिटर।

दूसरा घोल :—फेरिक अमोनियम साइट्रेट 10 ग्राम, पानी 50 मिलीलिटर।

इन घोलों को अलग-अलग बनाया जाता है और अन्धेरे कमरे या मंद प्रकाश में रखा जाता है। इस्तेमाल के लिए दोनों घोलो के बराबर-बराबर भागों को एक में मिलाइए और कांच अथवा तामचीनी की कम गहरी तश्तरी में रखिए। कागज को प्रकाशग्राही बनाने के लिए घोल को कागज पर नरम, चौड़े ब्रुश से (अथवा कांच की पट्टी के एक सिरे पर किसी साफ पुराने कपड़े की आठ-दस तहें बाध कर बनाए गए ब्रुश से) पोतिए, या इसके बदले कागज़ को घोल पर कुछ सैकंड के लिए तैरा दीजिए। प्रकाशग्राही बना देने के बाद कागज को अन्धेरे कमरे में सूखने देना चाहिए।

किसी अपारदर्शी वस्तु को, जैसे पारदर्शक अथवा अर्धपारदर्शक (ट्रेसिंग) कागज़ पर काली स्याही से बना आलेख, अथवा जो कुछ भी छापना हो, उसको प्रकाशग्राही कागज़ पर रख कर चौखटे में कस दिया जाता है। तब उसे धूप में कुछ मिनटों तक (या तीव्र कृत्रिम प्रकाश में कई मिनटों तक) रखा जाता है।

फिर कागज को बहते पानी में अच्छी तरह धो डाला जाता है।

25. चपड़े का रंगलेप

पांच भाग मेथिलेटेड स्पिरिट में 1 भाग चपड़ा घोलिए।

26. साधारण मिश्रधातुओं को बनाना

कम ताप पर पिघलने वाली मिश्रधातुएं : साधारणतः इनको बुन्सन ज्वालक (या अंगीठी) की आंच की सहायता से बनाया जा सकता है। पहले बिस्मथ और रांगे को एकसाथ लगाया जाता है और तब दूसरे अवयव डाले जाते हैं। अनावश्यक आक्सीकरण से बचने के लिए ताप को आवश्यकता से अधिक नहीं बढ़ाना चाहिए। नीचे बताए गए भाग तौल के अनुसार हैं :—

मिश्रधातु	सीसा	रांगा	बिस्मथ	कैड्मियम
वुड की धातु	4	2	7	1
टांका	1	1	0	0
विद्युत् संगलक की धातु	8.5	2.5	1.3	0

अधिक ताप पर पिघलने वाली मिश्रधातुएं

इनको बनाने के लिए भट्टी की आवश्यकता पड़ेगी। पहले तांबे को गलाना चाहिए और तब अन्य सामग्री डालनी चाहिए।

मिश्रधातु	तांबा	रांगा	जस्ता
कांसा	80	5	15
पीतल, घातवर्ध्य (मैलिएबुल)	58	0	42
पीतल ढलवां	72	4	24

27. कपड़ों की रंगाई

(क) सीधी रंगाई : सूती कपड़ों को रंगने के लिए उनकी माड़ी दूर करनी चाहिए। इसके लिए पहले उसे 5 मिनट तक तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल में उबालिए। यह घोल 10 भाग पानी में एक भाग सांद्र (कंसेंट्रेटेड) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालने से बनता है। निम्न नुस्खे से सन्तोषजनक रंग बनाया जा सकता है :—

कांगो रेड	0.5 ग्राम
सोडियम बाइकार्बोनेट	2.0 ग्राम
सोडियम सल्फेट	1.0 ग्राम
जल (आसुत)	200.0 मिलीलिटर

कपड़े को इसमें 4 या 5 मिनट तक उबालना चाहिए और तब ठण्डे पानी से हल्के-से धोकर सुखा देना चाहिए।

कांगो रेड के बदले मेथिलीन ब्लू या प्रिम्युलिन ब्राउन का उपयोग किया जा सकता है। पहले रंग और लवणों को मिला लेना चाहिए और तब बराबर चलाते हुए उनको धीरे-धीरे पानी में डालना चाहिए। सफेद रेशम, रेयान या ऊन को भी इसी प्रकार रंगा जा सकता है।

(ख) रंगस्थापक (मार्डेंट) का उपयोग करना : अमोनियम सल्फेट के तनु घोल में सफेद सूती वस्त्र को 10 मिनट तक उबाल कर रंगस्थापक का उपयोग दिखाइए। कुछ मिनटों तक उसे तनु अमोनियम हाइड्रोक्साइड में पड़ा रहने दीजिए। उसके बाद उसे हल्के-से धो डालिए। सफेद रेशम पर रंगस्थापक चढ़ाने के लिए उसे 5 मिनट तक टैनिक अम्ल के घोल में उबालिए। इसके बाद उसे कुछ मिनटों तक वमन टार्टार के घोल में डाल देना चाहिए। रंगस्थापक के परिणाम का अध्ययन कुछ मिनटों तक ऐलिज़रीन के घोल में रंगस्थापित तथा अरंगस्थापित सूती और रेशमी वस्त्रों को उबाल कर और फिर हल्के-से धोकर तथा सुखा कर किया जा सकता है।

(ग) बेसिक रंजक : मैलाकाइट ग्रीन का उपयोग करके छात्रों को दिखाइए कि बेसिक रंजकों का इस्तेमाल कैसे किया जाता है। रंगस्थापित तथा अरंगस्थापित सूती वस्त्र और रंगस्थापित तथा अरंगस्थापित रेशमी वस्त्र के नमूनों को मैलाकाइट ग्रीन (अथवा मैथिलीन ब्लू) के घोल में 5 मिनट तक उबालिए। उन्हें तब हल्के-से धोकर सुखा दीजिए। मैलाकाइट ग्रीन

घोल बनाने के लिए 1 ग्राम रंग को, 200 ग्राम पानी में घोलिए। 200 ग्राम पानी को एसेटिक अम्ल में अम्लीकृत कर दिया जाता है। फिर अम्लीकृत पानी में 40 ग्राम रंग वाला घोल डाला जाता है।

(घ) **सूत्रज या विकसित रंजक :** कपड़ों के रेशों के भीतर उन रंगों के बनाने के लिए जिन्हें सूत्रज (इनग्रेन) या विकसित (डेवेलप्ड) कहते हैं, तीन घोलों की आवश्यकता होती है। पहले में 0.1 ग्राम प्रिम्युलिन और 0.1 ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेट को 100 मिलीलिटर पानी में घोला जाता है। माड़ी छुड़ाए (या बिना माड़ी के) सूती कपड़े को इस घोल में 1 मिनट तक उबालिए और तब उसे दूसरे घोल में डाल दीजिए। इस घोल को बनाने के लिए 100 मिली-लिटर पानी में 0.5 ग्राम सोडियम नाइट्राइट और तीन मिलीलिटर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालना चाहिए। कपड़े को इसमें 15 मिनट तक पड़ा रहने दिया जाता है और तब उसे विकासक घोल में डाल दिया जाता है। विकासक घोल 100 मिलीलिटर पानी में 0.05 ग्राम सोडियम हाइड्रोक्साइड और 0.05 ग्राम फीनोल घोलने से बनता है। (फीनोल के बदले ऐल्फा नैफ्थोल या रिसोर्सिनल का उपयोग किया जा सकता है)। इस घोल को थोड़ा गरम रखना चाहिए और इसमें कपड़े को 20 मिनट तक पड़ा रहना चाहिए। इसके बाद कपड़े को हल्के-से धोकर सुखा लिया जाता है। कपड़ों को विविध प्रकार से रंग कर उनके परिणामों का अध्ययन करके यह ज्ञान प्राप्त करना चाहिए कि कौन-सी विधि उत्तम है।

28. दियासलाई बनाना

लकड़ी की छोटी सलाइयां बनाइए अथवा दियासलाइयों (तीलियों) के सिर काट कर फेंक दीजिए और बची हुई तीलियों से काम लीजिए। इन तीलियों के सिरों को पिघले पैराफिन मोम (मोमबत्ती के मोम) में डुबा कर निकाल लीजिए। 2 ग्राम पिसे पोटासियम क्लोरेट में 1 ग्राम ऐंटीमनी ट्राइ-सल्फाइड मिलाइए। मिश्रण को पीसना या घिसना नहीं चाहिए। दोनों चूर्णों को अंगुलियों से मिलाना चाहिए। पतला गोंद डाल कर लेप बनाइए। सलाइयों के पैराफिन लगे सिरों को इस मिश्रण में डुबाया जाता है और कड़ा होने के लिए उन्हें तीलियों का एक सिर नीचा रख कर 1 दिन के लिए लटका दिया जाता है। सलाइयों को घिसने के लिए लाल फास्फोरस और महीन सफेद बालू के बराबर आयतनों में गोंद डाल कर एक मिश्रण तैयार किया जाता है। इसे गत्ते या लकड़ी के तल पर फैला दिया जाता है और सुखाया जाता है। इस तल पर रगड़ने से सलाइयां जल उठती हैं।

इस प्रकार बनी दियासलाइयों की तुलना बाज़ार में बिकने वाली दियासलाइयों और गर-सेफ्टी दियासलाइयों से करनी चाहिए।

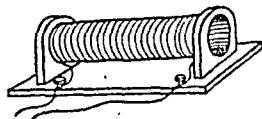
29. रासायनिक 'फूल-उद्यान'

रासायनिक 'फूल-उद्यान' रसाकर्षण-क्रिया (आस्मोटिक ऐक्शन) से उत्पन्न होते हैं। जल-काच (वाटर-ग्लास या सोडियम सिलिकेट) का ऐसा घोल बनाइए जिसका घनत्व 1.1 हो। एक बीकर में इस घोल की 400 मिलीलिटर मात्रा ली जाती है और तब उसमें तांबे, लोहे, निकल और अलमीनियम के सल्फेटों, तांबे और लोहे के क्लोराइडों और तांबे, लोहे, कोबाल्ट, निकल और कैल्सियम के नाइट्रेटों के टुकड़े डाल दिए जाते हैं। इन टुकड़ों से 'फूल' बहुत शीघ्र उत्पन्न होते हैं। इन धातुओं के सिलिकेटों के झिल्लीदार थैले बन जाते हैं, जिनके भीतर सांद्रता बहुत होती है और इसी कारण ये थैले शीघ्र बढ़ते भी हैं।

30. चुम्बक बनाने में परिनलिका (सालेनायड) का उपयोग

गत्ते या प्लास्टिक की एक नलिका पर (जिसकी लम्बाई 13.5 सेंटीमीटर हो और व्यास 2.5 से 3 सेंटीमीटर तक हो) सं० 20 या सं० 22

वाले विसंवाही पदार्थयुक्त तांबे के तार के 400 या 500 फेरे लपेटिए। लपेटने से पहले नलिका के प्रत्येक सिरे के लिए लकड़ी का एक आधार बना लिया जाता है। इन आधारों में नलिका की नाप के छेद रहते हैं। आधारों को नलिका पर सरेस से चिपका दिया जाता है और तार को नलिका में आधारों के बीच लपेटा जाता है। पेंदी के नीचे पेच कस कर इन आधारों को पेंदी पर कसा जाता है। कुंडली के दोनों सिरे पेंदी पर कसे टर्मिनल्स से सम्बद्ध कर दिए जाते हैं। यदि दिष्ट धारा (डी० सी०) की बिजली हो तो जितनी भी धारा कुंडली सहन कर सके उसमें जाने दी जा सकती है। यह कई ऍपियर हो सकती है, सम्भव है कुंडली के साथ-साथ कोई प्रतिरोधी (रेज़िस्टेंस) भी लगाना पड़े। जब कुंडली में बिजली चालू की जाए तो उस छड़ के सिरे को, जिसे चुंबकित किया जा रहा है, कुछेक बार ठोंक देना चाहिए। दिक्सूचक और दण्ड-चुंबकों को फिर से चुंबकित किया जा सकता है।

इस परिनलिका का उपयोग प्रत्यावर्ती धारा (ए० सी०) परिपथ में भी किया जा सकता है परन्तु परिपथ में एक टैप चाबी डाल देनी चाहिए और विद्युत्-धारा को इस चाबी की सहायता से केवल क्षण भर के लिए चालू करना चाहिए। यदि उस दण्ड में, जिसे चुंबकित किया जा रहा है, उचित ध्रुव नहीं उत्पन्न होते तो क्रिया को दोहराना चाहिए। यद्यपि इस रीति से पूर्ण चुंबकत्व नहीं उत्पन्न होता तो भी इसे एक पर्याप्त सीमा तक उत्पन्न किया जा सकता है। दो-चार बार परीक्षण करके देखना चाहिए।

परिशिष्ट—क

तौल और माप

रखिक माप

12 इंच	=	1 फुट
3 फुट	=	1 गज
5.5 गज़	=	1 राड
16.5 फुट	=	1 राड
320 राड	=	1 मील
1,760 गज	=	1 मील
5,280 फुट	=	1 मील
6 फुट	=	1 फ़ैदम

वर्ग माप

144 वर्ग इंच	=	1 वर्ग फुट
9 वर्ग फुट	=	1 वर्ग गज़
$30\frac{1}{4}$ वर्ग गज	=	1 वर्ग राड
160 वर्ग राड	=	1 एकड़
640 एकड़	=	1 वर्ग मील
1 वर्ग मील	=	1 सेक्शन*
36 वर्ग मील	=	1 टाउनशिप*

घन माप

1,728 घन इंच	=	1 घन फुट
27 घन फुट	=	1 घन गज

लकड़ी की माप

16 घन फुट	=	1 कार्ड फुट
128 घन फुट 8 कार्ड फुट	=	1 कार्ड

गिनने की सारणी

12 एकक	=	1 दर्जन
12 दर्जन	=	1 ग्रोस
12 ग्रोस	=	1 बड़ा ग्रोस (ग्रेट ग्रोस)*
24 ताव कागज़	=	1 दस्ता
20 दस्ता अथवा 480 ताव	=	1 रीम**

ऐवार्डुपायज़ तौल (माल की तौल)

7,000 ग्रेन	=	1 पाउंड
16 औंस	=	1 पाउंड
100 पाउंड	=	1 अमरीकी हंड्रेडवेट*
2,000 पाउंड	=	1 अमरीकी टन*
2,240 पाउंड	=	1 ग्रोस टन†

ट्राय तौल (सोना, चांदी, मणि आदि के लिए)

24 ग्रेन	=	1 पेनीवेट	
20 पेनीवेट	=	1 औंस	
12 औंस	=	1 पाउंड	
$437\frac{1}{2}$ ग्रेन 7,000 ग्रेन	=	1 औंस 1 पाउंड	ऐवार्डुपायज़
480 ग्रेन 5,760 ग्रेन	=	1 औंस 1 पाउंड	ट्राय

दवाखानों की तौल

20 ग्रेन	=	1 स्क्रूपल
3 स्क्रूपल	=	1 ड्राम
8 ड्राम	=	1 औंस
12 औंस 5,760 ग्रेन	=	1 पाउंड

---

*भारत में इसका प्रचार नहीं है ।

**अब साधारणत. 1 रीम में 500 ताव रहते हैं ।

†भारत और इंग्लैंड में इसे टन कहते हैं, न कि ग्रोस टन ।

परिशिष्ट—ख

तारे और ग्रह

1. चमक क्रमानुसार तारों की सूची

तारा	तारा मण्डल	उत्तर अथवा दक्षिण पहुंचने का समय — 8 बजे शाम मास	उत्तर अथवा दक्षिण पहुंचने का समय — 10 बजे रात मास	मध्याह्न में सूर्य की स्थिति से उत्तर या दक्षिण
(क)	(ख)	(ग)	(घ)	(ङ)
लुब्धक (सिरियस)	श्वान (बिग डाग)	फरवरी	जनवरी	10°द
अगस्त्य (कैनोपस)	नौतल (शिप आर्गो)	फरवरी	जनवरी	40°द
प्रथम किन्नर (ऐल्फा-सेंटारी)	किन्नर (सेंटार)	जून	मई	80°द
अभिजित (वेगा)	वीणा (लायर)	अगस्त	जुलाई	30°उ
ब्रह्महृदय (कैपेल्ला)	रथी (चैरियटियर)	जनवरी	दिसम्बर	70°उ
स्वाति (आर्कटयूरस)	भूतप (हर्ड्समैन)	जून	मई	0°
द्वितीय मृग या कालपुरुष (राइगेल)	मृग (ओरियन)	जनवरी	दिसम्बर	10°उ
प्रथम लघु श्वान (प्रोस्योन)	श्वानिका (लिटल डाग)	फरवरी	जनवरी	20°उ
वैतरणी अन्त (आखरनार)	वैतरणी (रिवर एरिडैनस)	दिसम्बर	नवम्बर	30°द
द्वितीय किन्नर (बीटा-सेंटारी)	किन्नर (सेंटार)	जून	मई	80°द
प्रथम गरुड़ (आल्टेयर)	गरुड़ (ईगल)	सितम्बर	अगस्त	10°उ
आर्द्रा (बेटल्जूज़)	मृग (ओरियन)	फरवरी	जनवरी	20°उ
प्रथम स्वस्तिक (ऐल्फा-क्रूसिस)	स्वस्तिक (सदर्न क्रास)	मई	अप्रैल	80°द
रोहिणी (ऐल्डिबरन)	वृष (बुल)	जनवरी	दिसम्बर	40°उ

(क)	(ख)	(ग)	(घ)	(ङ)
द्वितीय मिथुन (पोलक्स)	मिथुन (हेवनली ट्विन्स)	मार्च	फरवरी	30° उ
चित्रा (स्पाइका)	कन्या (विर्जिन)	मई	अप्रैल	30° द
ज्येष्ठा (एंटैरीज)	वृश्चिक (स्कार्पियन)	जुलाई	जून	50° द
प्रथम दक्षिणमीन (फार्मल् हाउट)	दक्षिण मीन (सदर्न फ़िश)	अक्तूबर	सितम्बर	20° द
देनेव	हंस (स्वैन)	सितम्बर	अगस्त	40° उ
मघा (रेगुलस)	सिंह (लायन)	अप्रैल	मार्च	0°
द्वितीय स्वस्तिक (बीटा-क्रूसिस)	स्वस्तिक (सदर्न क्रास)	मई	अप्रैल	80° द
प्रथम मिथुन (कैस्टर)	मिथुन (हेवनली ट्विन्स)	मार्च	फरवरी	30° उ

सारणी 1 में निम्नलिखित सूचना है :

(क) सबसे अधिक चमकीले तारों के नाम, चमक के उतरते हुए क्रम में (पहले तारों के हिन्दी नाम हैं, कोष्ठकों में अंग्रेजी नाम है)।

(ख) उस तारामण्डल का नाम, जिसमें वह तारा है (राशियों के नाम काले अक्षरों में हैं (इस स्तम्भ में भी पहले हिन्दी नाम है, फिर कोष्ठकों में अंग्रेजी नाम वे नहीं हैं जिन्हें गणित ज्योतिषी ठीक मानते हैं, बल्कि उनके स्थान पर वहां के बोलचाल के नाम हैं।

(ग) वह महीना, जिसमें तारा क्षितिज से अपनी महत्तम ऊंचाई पर, स्थानीय समय के अनुसार, लगभग 8 बजे शाम पहुंचता है।

(घ) वह महीना, जिसमें तारा क्षितिज से अपनी महत्तम ऊंचाई पर, स्थानीय समय के अनुसार लगभग 10 बजे रात शाम को पहुंचता है।

(ङ) तारे की महत्तम ऊंचाई और स्तम्भ-ग में बताए गए महीने में स्थानीय समय के अनुसार मध्याह्न पर सूर्य की ऊंचाई का अन्तर। उदाहरणार्थ मघाहृदय को जनवरी में शाम को 8 बजे देखने के लिए द्रष्टा (दर्शक) को पहले उस स्थान पर देखना चाहिए, जहां उस दिन स्थानीय समय के अनुसार मध्याह्न में सूर्य था और तब उसे अपनी दृष्टि लगभग 70° उत्तर की ओर घुमानी चाहिए।

टिप्पणियां :—प्रथम किन्नर और द्वितीय किन्नर दक्षिण स्वस्तिक के लिए 'निर्देशक' होते हैं। प्रथम किन्नर स्वस्तिक से दूर वाला तारा है। प्रथम किन्नर पृथ्वी से निकटतम चमकीला तारा है। वहां से पृथ्वी तक प्रकाश के आने में लगभग 4 वर्ष लगते हैं।

उन चार तारों में से, जिनसे दक्षिण स्वस्तिक की रूपरेखा बनती है, प्रथम स्वस्तिक सबसे अधिक दक्षिण में है और द्वितीय स्वस्तिक सबसे अधिक पूर्व में है।

मिथुन राशि में कैस्टर पोलक्स के उत्तर में है।

2. ग्रह—सूर्य से अधिकाधिक दूरी के क्रम में

ग्रह	सूर्य से दूरी (करोड़ मीलों में)	व्यास (हजार मीलों में)	कक्षा में एक चक्कर लगाने का समय (वर्ष)
बुध (मरक्युरी)	3.6	3.2	0.24
शुक्र (वीनस)	6.7	7.85	0.62
पृथ्वी (अर्थ)	9.3	7.9	1.00
मंगल (मार्स)	14.2	4.25	1.88
बृहस्पति (ज्यूपिटर)	48.3	89	11.9
शनि (सैटर्न)	88.7	75	29.5
वारुणी (यूरेनस)	178.5	31	84
वरुण (नेपच्यून)	279.7	33	165
यम (प्लूटो)	367.5	4	248

सारणी-2 के स्तम्भों में ग्रहों के नाम, सूर्य से उनकी दूरी, उनके व्यास और कक्षा में एक चक्कर लगाने का समय दिया गया है।

वर्ष के विभिन्न समयों में तारों की सापेक्षिता के अनुसार ग्रहों की स्थितियां भी बदलती रहती हैं। प्रत्येक ग्रह की चमक भी बदलती रहती है (किसी समय आकाश में ग्रहों की स्थिति क्या है, इसका पता पंचांग—ऐल्मनक—से लगाना चाहिए।)*

टिप्पणियां :

बुध—अधिक-से-अधिक केवल सूर्योदय के आध घंटे पहले या सूर्यास्त के आध घंटे बाद तक दिखाई पड़ता है।

शुक्र—सूर्यास्त के तीन घंटे से अधिक बाद या सूर्योदय के तीन घंटे से अधिक पहले नहीं दिखाई देता।

मंगल, बृहस्पति और शनि बहुधा आकाश में बहुत चमकीले और स्पष्ट दिखाई पड़ते हैं।

शेष ग्रहों में से केवल वारुणी ही कोरी आंख से देखा जा सकता है और यह एक मंद चमक वाला तारा मालूम पड़ता है।

*इस सम्बन्ध में भारत सरकार द्वारा प्रकाशित राष्ट्रीय पंचांग, जो हिन्दी, अंग्रेजी तथा भारत की प्रायः सभी भाषाओं में प्रकाशित होता है—मूल्य 25 नए पैसे—उपयोगी होगा। —सम्पादक

3. अक्षांश और दिनांक, जब मध्याह्न में सूर्य सिर के ठीक ऊपर रहता है

अक्षांश	दिनांक			
23.5° उ	जून	21[1]	जून	21[1]
23° उ	जुलाई	3		10
22° उ		12		1
21° उ		19	मई	26
20° उ		24		21
19° उ		29		16
18 उ	अगस्त	2		12
17° उ		6		8
16° उ		9		5
15° उ		12		1
14° उ		16	अप्रैल	28
13° उ		19		25
12° उ		22		22
11° उ		25		19
10° उ		28		16
9° उ		31		13
8° उ	सितम्बर	2		11
7° उ		5		8
6° उ		8		5
5° उ		10		3
4° उ		13	मार्च	31
3° उ		16		29
2° उ		18		26
1° उ		21[4]		23[3]
भूमध्य रेखा		21[4]		21[3]

अक्षांश	दिनांक			
23.5° द	दिसम्बर	22[2]	दिसम्बर	22[2]
23° द	जनवरी	2		11
22° द		10		3
21° द		16	नवम्बर	27
20° द		21		22
19° द		25		18
18° द		29		14
17° द	फरवरी	2		10
16° द		5		7
15° द		9		3
14° द		12	अक्तूबर	31
13° द		15		28
12° द		17		25
11° द		20		22
10° द		23		20
9° द		26		17
8° द		28		14
7° द	मार्च	3		12
6° द		6		9
5° द		8		6
4° द		11		4
3° द		13		1
2° द		16	सितम्बर	29
1° द		18		26
भूमध्य रेखा		21[3]		23[4]

[1] कर्क संक्रान्ति
[2] मकर संक्रान्ति
[3] वसंत विषुव (महाविषुव)
[4] शरद् विषुव

परिशिष्ट—ग

तत्वों की सारणी

सं०	तत्व का नाम	संकेत	परमाणु क्रमांक	परमाणु भार
1	अक्टिनियम	Ac	89	227
2	अलमीनियम	Al	13	26.98
3	अमेरिकियम	Am	95	243
4	ऐंटिमनी	Sb	51	121.76
5	आर्गन	A	18	39.944
6	आर्सेनिक	As	33	74.91
7	ऐस्टैटिन	At	85	211
8	बेरियम	Ba	56	137.36
9	बर्केलियम	Bk	97	245
10	बेरिलियम	Be	4	9.013
11	बिस्मथ	Bi	83	209.00
12	बोरन	B	5	10.82
13	ब्रोमीन	Br	35	79.916
14	कैडमियम	Cd	48	112.41
15	कैल्सियम	Ca	20	40.08
16	कैलिफोर्नियम	Cf	98	(246)*
17	कार्बन	C	6	12.010
18	सीरियम	Ce	58	140.13
19	सीज़ियम	Cs	55	132.91
20	क्लोरीन	Cl	17	35.457
21	क्रोमियम	Cr	24	52.01
22	कोबाल्ट	Co	27	58.94
23	तांबा (कापर)	Cu	29	63.54
24	क्यूरियम	Cm	96	244
25	डिस्प्रोसियम	Dy	66	162.46
26	आइनस्टाइनियम	E	99	(253)*
27	अर्बियम	Er	68	167.2
28	यूरोपियम	Eu	63	152.0
29	फर्मियम	Fm	100	(254)*
30	फ्लुओरीन	F	9	19.000
31	फ्रैन्सियम	Fr	87	223
32	गैडोलिनियम	Gd	64	156.9
33	गैलियम	Ga	31	69.72
34	जर्मेनियम	Ge	32	72.60
35	स्वर्ण (गोल्ड)	Au	79	197.2
36	हैफ़नियम	Hf	72	178.6
37	हीलियम	He	2	4.003
38	होलमियम	Ho	67	164.94
39	हाइड्रोजन	H	1	1.0080
40	इंडियम	In	49	114.76
41	आयोडीन	I	53	126.92
42	इरिडियम	Ir	77	193.1
43	लोहा (आयरन)	Fe	26	55.85
44	क्रिप्टन	Kr	36	83.80
45	लैन्थैनम	La	57	138.92
46	सीसा (लैड)	Pb	82	207.21
47	लिथियम	Li	3	6.940
48	ल्यूटीमियम	Lu	71	174.99
49	मैग्नीशियम	Mg	12	24.32
50	मैंगनीज़	Mn	25	54.93
51	मैंडलेवियम	Me	101	(256)*
52	पारा (मर्करी)	Hg	80	200.61
53	मोलिब्डीनम	Mo	42	95.95

*यूरेनियम तत्वों के परमाणु भार अभी निश्चित नहीं हैं। इस सम्बन्ध में 'फ़िज़िक्स रिव्यू' तथा अन्य वैज्ञानिक प्रकाशन देखने चाहिएं। कोष्ठकों के भीतर बाहुल्यता की द्रव्यमान संख्याएं (मास नंबर्स आफ दि अबंडेंसेज) हैं।

सं०	तत्व का नाम	संकेत	परमाणु क्रमांक	परमाणु भार
54	नियोडियम	Nd	60	144.27
55	निग्रान	Ne	10	20.183
56	नेप्चूनियम	Np	93	237.07
57	निकल	Ni	28	58.69
58	नियोबियम	Nb	41	92.91
59	नाइट्रोजन	N	7	14.008
60	ऑस्मियम	Os	76	190.2
61	ऑक्सीजन	O	8	16.0000
62	पैलेडियम	Pd	46	106.7
63	फास्फोरस	P	15	30.975
64	प्लैटिनम	Pt	78	195.23
65	प्लूटोनियम	Pu	94	239.08
66	पोलोनियम	Po	84	210
67	पोटासियम	K	19	39.100
68	प्रेजीओडिमियम	Pr	59	140.92
69	प्रोमीथियम	Pm	61	145
70	प्रोटोएक्टिनियम	Pa	91	231
71	रेडियम	Ra	88	226.05
72	रैडान	Rn	86	222
73	रेनियम	Re	75	186.31
74	रोडियम	Rh	45	102.91
75	रुबोडियम	Rb	37	85.48
76	रुथेनियम	Ru	44	101.7
77	समेरियम	Sm	62	150.43
78	स्कैंडियम	Sc	21	44.96
79	सिलीनियम	Se	34	78.96
80	सिलिकन	Si	14	28.09
81	रजत (सिल्वर)	Ag	47	107.880
82	सोडियम	Na	11	22.997
83	स्ट्रोंशियम	Sr	38	87.63
84	गन्धक (सल्फर)	S	16	32.066
85	टैंटलम	Ta	73	180.88
86	टैकनीशियम	Tc	43	99
87	टेल्यूरियम	Te	52	127.61
88	टर्बियम	Tb	65	159.2
89	थैलियम	Tl	81	204.39
90	थोरियम	Th	90	232.12
91	थूलियम	Tm	69	169.4
92	वंग (टिन)	Sn	50	118.70
93	टाइटेनियम	Ti	22	47.90
94	टंगस्टन	W	74	183.92
95	यूरेनियम	U	92	238.07
96	वैनेडियम	V	23	50.95
97	ज़ीनान	Xe	54	131.3
98	इटर्बियम	Yb	70	173.04
99	इट्रियम	Y	39	88.92
100	यशदरन (जिंक)	Zn	30	65.38
101	जर्कोनियम	Zr	40	91.22

परिशिष्ट—घ

शिलाएं और खनिज

खनिज ऐसे प्राकृतिक अजीवोत्पन्न† (अकार्बनिक) पदार्थ का नाम है जिसकी रासायनिक संरचना लगभग स्थिर हो और जिसके भौतिक लक्षण भी बहुत कुछ निश्चित हों।

धातुक उस शिला या खनिज को कहते है जिसमें एक या अधिक धातुएं हों और वे इतनी अधिक मात्रा में हों कि उनको निकालने से द्रव्य लाभ हो सके। लोहे और सीसे के कुछ धातुकों में 50 से 75 प्रतिशत तक धातु रहती है। दूसरी ओर प्रति टन एक औंस (आधी छटाक) सोना देने वाले खनिज को अच्छा स्वर्ण खनिज समझा जाता है। बहुत कम ही ऐसा होता है कि धातु प्राकृतिक अवस्था में मिले। अनेक मूल्यवान धातुक धातु के आक्साइड, सल्फाइड या कार्बोनेट होते हैं।

खनिजों की पहचान

खनिज अपने गुण-धर्मों अथवा लक्षणों से पहचाने जाते है। कुछ खनिज सुगमता से पहचाने जा सकते है, दूसरों में सावधानी से परीक्षा करने की और बहुधा रासायनिक विश्लेषण की भी आवश्यकता होती है। खनिजों के गुण-धर्म निम्नलिखित हैं :—

1. कुछ खनिजों के रंग बहुत निश्चित है, उदाहरणार्थ ऐसुराइट गहरे नीले रंग का होता है। परन्तु कुछ अन्य खनिज, उदाहरणार्थ स्फटिक, कई रंगों में पाए जाते हैं।

2. खनिज का रेखांक (स्ट्रीक) उस चिह्न के रंग को कहते हैं जो बिना चमक की चीनी मिट्टी की कसौटी पर कसने से (रगड़ने से) बनता है। उदाहरणार्थ ग्रैफाइट का रेखांक काला होता है, हेमाटाइट का ललछौंह भूरा, मेलाकाइट का हल्का हरा।

3. कुछ खनिज इस प्रकार टूटते है कि टूटने का तल चिकना और समतल होता है। इसे विदलन (क्लीवेज) कहते हैं। उदाहरणार्थ गैलिना तीन समतलों में विदलित होता है। ये समतल परस्पर लम्ब होते हैं, फलतः गैलिना के कड़े टुकड़े को तोड़कर छोटे घन (क्यूब) बनाए जा सकते हैं।

4. खनिज की द्युति (लस्टर) का अर्थ है उसकी प्रकाश परावर्तित (रिफ्लेक्ट) करने की रीति। कई धातुकों में धातु की-सी द्युति होती है। हीरे की द्युति बड़ी चमकदार होती है और उसे हीरकीय (ऐडामैनटाइन) कहते हैं। क्रिसोटाइल में, जो ऐस्बेस्टस का मुख्य प्राप्ति स्थल है, रेशम की-सी द्युति होती है, केओलीन में, जो एक प्रकार की कड़ी मिट्टी है, मंद द्युति होती है।

5. खनिजों की कठोरता 1 से 10 तक कुछ भी हो सकती है। टैल्क इतना नरम होता है कि नख से खुरचा जा सकता है, और इसकी कठोरता 1 है। सबसे अधिक कठोरता हीरे में है, जो ज्ञात पदार्थों में सबसे अधिक कठोर होता है। इसकी कठोरता 10 है। नख (नाखून) की कठोरता लगभग 2½ है और चाकू के फल की कठोरता लगभग 5½ होती है। खनिजों के किसी भी नमूने की कठोरता को खनिजों की निम्नलिखित मानक (स्टैंडर्ड) श्रेणी से तुलना

†पत्थर का कोयला और पेट्रोलियम ऐसे पदार्थों से निकले हैं जो आरम्भ में जीवोत्पन्न थे, परन्तु समय ने उनको इस प्रकार बदल दिया है कि वे अब खनिज राज्य के सदस्य समझे जाते हैं। इन्हें प्रायः 'खनिज ईंधन' कहा जाता है।

करके ज्ञात किया जा सकता है । कठोरता की जांच करने में सावधानी बरतनी चाहिए । यदि एक खनिज दूसरे को खरोंचता है तो रगड़ कर मिटाने की चेष्टा करने पर, खरोंच मिटेगी नहीं । यदि वह मिटाया जा सकता है तो उसका अर्थ है कि नरम खनिज का चूर्ण बड़े खनिज पर चिपक गया है और खरोच नहीं पड़ी है ।

1. टैल्क
2. जिप्सम
3. कैल्साइट
4. फ्लुओराइट
5. ऐपैटाइट
6. आर्थोक्लेज़ फेल्डस्पार
7. स्फटिक (क्वार्ट्ज़)
8. टोपाज़
9. कोरडम
10. हीरा

6. आपेक्षिक गुरुत्व—वह संख्या है जो यह बताती है कि उस पदार्थ का एक घन इंच (अथवा आयतन का कोई अन्य एकक) एक घन इंच पानी से कितना गुना भारी है । यदि स्फेलराइट की, जो जस्ते का धातुक है, 1 घन इंच की तौल पानी के 1 घन इंच की तौल की 4 गुनी है, तब हम कहते हैं कि स्फेलराइट का आपेक्षिक गुरुत्व 4 है । अधिकांश खनिजों का आपेक्षिक गुरुत्व 2 और 4 के बीच रहता है । तरल पेट्रोलियम का आपेक्षिक गुरुत्व 1 से कम है क्योंकि वह पानी पर तैरता है । विशुद्ध सोने का आपेक्षिक गुरुत्व 19 है ।

7. अम्ल में बुदबुदाना कुछ खनिजों का गुण-धर्म होता है । यदि, चूनापत्थर, संगमरमर या कैल्साइट पर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की एक बूंद डाल दी जाए, तो एक रासायनिक क्रिया होगी जिससे गैस के बुलबुले निकलेंगे । इसी को बुदबुदाना (एफरवेसेन्स) कहते है । यह प्रयोग उन खनिजों की पहचान के लिए किया जा सकता है जिनमें इस गुण का रहना हम जानते हैं ।

8. खनिजों के स्फाटीय रूपों में बड़ी विभिन्नता होती है । यहां केवल 4 स्फाटीय रूपों का उल्लेख किया जाएगा : घनाकार स्फाट, जिसके प्रतिनिधि गैलिना और हैलाइट (साधारण नमक) हैं; षड्भुज (6 भुजा वाले) जैसे स्फटिक; अष्टफलक (आक्टाहेड्रन), जैसे पाइराइट और हीरा; और समभुज फल (राम्बोहेड्रना) जैसे कैल्साइट ।

शिलाओं के वर्ग

शिला दो या अधिक खनिजों के मेल से बनी रहती है—यद्यपि कुछ शिलाएं प्रायः पूर्णतया एक ही खनिज के भी बनी होती हैं । ग्रेनाइट तीन खनिजों से बना है—स्फटिक या बिल्लौर, फेल्ड्स्पार और अभ्रक (माइका) । दूसरी ओर बलुआ पत्थर (सैंडस्टोन) और क्वार्ट्ज़ाइट प्रधानतः क्वार्ट्ज़ ही होते हैं, पत्थर और संगमर-मर प्रधानतः कैल्साइट है । यह याद करना ज़रूरी है कि खनिजों की रासायनिक संरचना निश्चित होती है, परन्तु शिलाओं की नहीं ।

शिलाओं को तीन वर्गों में बांटा जाता है : आग्नेय (इग्नियस), अवसादी (सेडिमेंटरी) और कायान्तरित (मेटामार्फिक) ।

जब पिघली शिला ठण्डी होकर जमती है तो वह आग्नेय शिला बन जाती है । उदाहरणार्थ 1. ग्रेनाइट, जो लाल या सुरमई (ग्रे) होता है और प्रधानतः स्फटिक, फेल्ड्स्पार और अभ्रक से बना रहता है; उसकी चित्तीदार आकृति का कारण है विभिन्न खनिज स्फाटों का दिखाई पड़ते रहना । 2. बेसाल्ट, जो ज्वालामुखी पर्वतों से निकले पिघले पदार्थ (लावा) का साधारण रूप है और जो हरापन लिए काले रंग का होता है; इसमें कभी-कभी छोटे गड्ढे भी दिखाई पड़ते हैं, जो सम्भवतः भाप के कारण बने रहते हैं । 3. ओबसिडियन, जो ज्वालामुखीय कांच है, और काले, भूरे, हरे, इत्यादि रंगों का होता है । 4. प्यूमिस पत्थर, जो सफेद से लेकर सुरमई रंग तक का होता है, सरंध्र (पोरस) होता है तथा पानी पर तैरता है । 5. स्कोरिया, जो काले, सुरमई, या श्यामल लाल रंग का होता है और पत्थर के कोयले की राख की तरह दिखाई पड़ता है ।

अवसादी शिला पानी में बैठी तलछट से बनती है। उदाहरणार्थ 1. चूने का पत्थर, सफेद से सुरमई तक, प्रमुखतः कैल्साइट से बना, बहुधा समुद्री प्राणियों के जीवाश्म उसमें मिलते हैं, अम्ल में बुदबुदाता है, लिमोनाइट (लौह आक्सा-इड) के कारण बहुधा पीले सहित भूरे रंग का रहता है। 2. बलुआ पत्थर, सुरमई अथवा लाल, मुख्यतः स्फटिक, इसमें बालू के कण दिखाई पड़ते हैं। 3. शेल, गाढ़े सुरमई रंग का, काला या लाल, साधारणतः पतली परतों में विभक्त किया जा सकता है, आर्द्र रहने पर मिट्टी की गंध आती है; तेल वाला शेल काला होता है। 4. बिटुमिनयुक्त कोयला: काला, कार्बन तथा कार्बन-यौगिकों से निर्मित, इसमें कड़े शेल आदि अपद्रव्य भी हो सकते हैं। 5. सम्पीडिताश्म, गोल पत्थर जो एक में जुड़ जाते हैं।

कायान्तरित शिलाएं वे हैं जिनकी काया दाब और ताप के कारण बदल गई है। उदाहरणार्थ 1. नाइस: प्रधानतः कायान्तरित ग्रेनाइट, स्फटिक, फेल्ड्स्पार और अभ्रक, बहुधा परतों में मिलते हैं, अभ्रक सफेद जाति का हो सकता है, जिसे मस्कोवाइट कहते हैं या काली जाति का (बायोटाइट) 2. संगमरमर : कायान्तरित चूना-पत्थर, अनेक रंग, पालिश करने पर सुन्दर, अम्ल में बुदबुदाता है। 3. क्वार्ट्जाइट: कायान्तरित बलुआ पत्थर, बहुत ही कड़ा और ठोस, सुरमई अथवा लाल, बालू के कण, दृढ़ता से परस्पर चिपके हुए। 4. स्लेट: कायान्तरित शेल, साधारणतः काला, तोड़ने पर पतली परतें निकलती हैं, शेल से कड़ा। 5. ऐंथ्रासाइट: बिटुमिनी कोयले से कड़ा और कम गर्द (धूर) देने वाला, उत्तम ईंधन।

परिशिष्ट—ङ

घनत्व-सारणी

(ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर में)			
ऐल्कोहल 95%	0.807	मैग्नीशियम	1.74
अल्मीनियम	2.7	संगमरमर	2.5–2.8
पीतल	8.4	पारा	13.6
कार्बन टेट्राक्लोराइड	1.6	दूध	1.03
ऐंथ्रासाइट कोल	1.4–1.8	निकल	8.9
ताबा	8.93	पैराफिन	0.824–0.94
पेट्रोल	0.75	प्लैटिनम	21.5
सीस काच	3.0–3.6	समुद्र-जल	1.03
किसीस कांच	2.4–2.7	चांदी	10.5
सोना	19.3	रांगा	7.3
बर्फ	0.917	लकड़ी–ग्राबनूस	1.2
लोहा	7.1–7.9	बांज (ओक)	0.7–0.9
सीसा	11.4	चीड़	0.4–0.6
		लिगनम वाइटी	1.33
		जस्ता	7.1

पत्थर, ईंट, सीमेंट (केण्ट के अनुसार)

गोमेद	2.615	ग्रेनाइट	2.560–2.720
एस्फाल्टम	1 390	बजरी	1.600–1.920
ईंट (नरम)	1.600	जिप्सम	2.080–2 400
ईंट (साधारण)	1.790	हार्नब्लेंड	3.200–3.520
ईंट (कड़ी)	2.000	बिना बुझा चूना	0.800–0.880
ईंट (कसी)	2.160	चूना-पत्थर	2.720–3.200
ईंट (अग्निसह)	2.250–2.400	मैग्नीशिया (कार्बोनेट)	2.400
चूने में ईंट का काम	1.600	संगमरमर	2.560–2.880
सीमेंट में ईंट का काम	1.790	पत्थर के ढोंकों की दीवार	2.240–2.560
सीमेंट (रोज़ेनडेल)	0.960	पत्थर की दीवार	2.240–2.880
सीमेंट (पोर्टलैण्ड)	1.250	चूने का गारा	1.440–1.600
चिकनी मिट्टी	1.920–2.400	पिच	1.150
कंक्रीट	1.920–2.240	पेरिस-प्लास्टर	1.180–1.280
हीरा	3.530	चीनी मिट्टी	2.380
मिट्टी (पोली)	1.150–1.280	स्फटिक	2.640
मिट्टी (कुटी)	1.440–1.760	बालू	1.440–1.760
एमरी	4.000	बलुआ पत्थर	2.240–2.400
किसीस काच	2.520	स्लेट	2.720–2.880
सीस काच	3.000–3.600	सिलखड़ी	2.650–2.800
कांच (हरा)	2.640	ट्रैप	2.720–3.400
		टाइल	1.760–1.920

M14DPD/62—38

परिशिष्ट—च

उष्मा सम्बन्धी स्थिरांक

पदार्थ	विशिष्ट उष्मा	गलनांक (°सें)	क्वथनांक (°सें)	रैखिक प्रसार गुणांक (प्रति °सें)
ठोस				
अलमीनियम	0.22	658	2,200	0.000023
पीतल	0.092	900		0.0000189
तांबा	0.092	1,083	2,300	0.0000167
कांच (साधारण)	0.16	1,100		0.000085
बर्फ	0.50	0		
लोहा	0.12	1,530	3,000	0.000012
सीसा	0.031	327	1,755	0.000029
पारा	0.033	−39	356.7	
रांगा	0.055	232	2,260	0.000023
जस्ता	0.093	419	907	0.000029
द्रव				
ऐल्कोहल (एथिल)	0.58	−130	87.3	
गिलसरीन	0.576	17	290	
मिट्टी का तेल	0.5−0.6			
पारा	0.033		357	
सल्फ्यूरिक अम्ल	0.34	10.5	330	
पानी	1.00		100	
गैसें				
हवा	0.24		−190	
ऐल्कोहल (एथिल)	0.41			
अमोनिया गैस	0.52	−78	−33	
कार्बन डाइ-आक्साइड	0.20	−56.6	−79	
हाइड्रोजन	3.36			
नाइट्रोजन	0.25			
आक्सीजन	0.22			
भाप	0.48			

विभिन्न तापमापियों का तुल्यांक

	परम	सेंटीग्रेड	फारेनहाइट	रोमर
परम शून्य	0° प	−273° सें	−459° फा	−218° रो
फारेनहाइट शून्य	255° प	−18° सें	0° फा	−14° रो
जल का हिमांक	273° प	0° सें	23° फा	0° रो
जल का क्वथनांक	373° प	100° सें	212° फा	80° रो

सेंटीग्रेड से फारेनहाइट में परिवर्तन

सें	फा	सें	फा	सें	फा	सें	फा
0	32						
1	34	26	79	51	124	76	169
2	36	27	81	52	126	77	171
3	37	28	82	53	127	78	172
4	39	29	84	54	129	79	174
5	41	30	86	55	131	80	176
6	43	31	88	56	133	81	178
7	45	32	90	57	135	82	180
8	46	33	91	58	136	83	181
9	48	34	93	59	138	84	183
10	50	35	95	60	140	85	185
11	52	36	97	61	142	86	187
12	54	37	99	62	144	87	189
13	55	38	100	63	145	88	190
14	57	39	102	64	147	89	192
15	59	40	104	65	149	90	194
16	61	41	106	66	151	91	196
17	63	42	108	67	153	92	198
18	64	43	109	68	154	93	199
19	66	44	111	69	156	94	201
20	68	45	113	70	158	95	203
21	70	46	115	71	160	96	205
22	72	47	117	72	162	97	207
23	73	48	118	73	163	98	208
24	75	49	120	74	165	99	210
25	77	50	122	75	167	100	212

परिशिष्ट—छ

आपेक्षिक आर्द्रता (प्रतिशत)—°फा

शुष्क तापमापी का ताप °फा	आर्द्र तापमापी में कमी (°फा) अर्थात् आर्द्र तथा शुष्क तापमापियों के पाठ्यांकों का अन्तर																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
120	97	94	91	88	85	82	79	77	74	72	69	67	64	62	59	57	55	53	51	48
118	97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	69	66	63	61	59	56	54	52	50	48
116	97	94	90	87	84	82	79	76	73	71	68	65	63	61	58	56	54	51	49	47
114	97	94	90	87	84	81	79	76	73	70	68	65	63	60	58	55	53	51	48	46
112	97	94	90	87	84	81	78	75	73	70	67	65	62	59	57	55	52	50	48	46
110	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	67	64	61	59	56	54	51	49	47	45
108	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56	53	51	49	46	44
106	96	93	90	87	84	80	77	74	71	68	66	63	60	58	55	52	50	48	45	43
104	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	60	57	54	52	49	47	44	42
102	96	93	90	86	83	80	77	73	70	67	65	62	59	56	54	51	48	46	43	41
100	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	64	61	58	55	53	50	47	45	42	40
	99	98	96	95	94	93	91	90	89	87	86	85	83	82	80	79		76		72
98	96	93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60	57	54	52	49	46	44	41	39
96	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59	57	54	51	48	45	43	40	38
94	96	93	89	85	81	78	75	71	68	65	62	59	56	53	50	47	44	42	39	36
92	96	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	38	35
90	96	92	88	84	81	77	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	42	39	36	34
	89	87	86	85	83	82	81	79	78	76	75	73	72	70	69	67		63		59
88	96	92	88	84	80	77	73	69	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32
86	96	92	88	84	80	76	72	69	65	62	58	55	52	49	45	42	39	36	33	31
84	96	92	87	83	79	76	72	68	64	61	57	54	51	47	44	41	38	35	32	29
82	96	91	87	83	79	75	71	67	64	60	56	53	49	46	43	40	36	33	30	27
80	96	91	87	83	79	74	70	66	63	59	55	52	48	45	41	38	35	31	28	25
	79	77	76	74	73	72	70	68	67	65	63	62	60	58	56	54		50		44
78	95	91	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	47	43	40	36	33	30	26	23
76	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	45	42	38	34	31	28	24	21
74	95	90	86	81	77	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	33	29	26	22	19
72	95	90	85	80	76	71	67	63	58	54	50	46	42	38	34	31	27	23	20	16

70	95	90	85	80	75	71	66	62	57	53	49	44	40	36	32	28	24	21	17	14
	69	**67**	**66**	**64**	**62**	**61**	**59**	**57**	**55**	**53**	**51**	**49**	**47**	**44**	**42**	**39**		**33**		**26**
68	95	90	84	79	75	70	65	60	56	51	47	43	38	34	30	26	22	18	15	11
66	95	89	84	79	74	69	64	59	54	50	45	41	36	32	28	23	20	16	12	8
64	94	89	83	78	73	68	63	58	53	48	43	39	34	30	25	21	17	13	9	5
62	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	37	32	27	23	18	14	10	5	
60	94	88	82	77	71	65	60	55	50	44	39	34	29	25	20	15	11	6	2	
	58	**57**	**55**	**53**	**51**	**49**	**47**	**45**	**43**	**40**	**38**	**35**	**32**	**29**	**25**	**21**				
58	94	88	82	76	70	64	59	53	48	42	37	31	26	22	17	12	7	2		
56	94	87	81	75	69	63	57	51	46	40	35	29	24	19	13	8	3			
54	93	87	80	74	68	61	55	49	43	38	32	26	21	15	10	5				
52	93	86	79	73	66	60	54	47	41	35	29	23	17	12	6					
50	93	86	79	72	65	59	52	45	38	32	26	20	14	8	2					
	48	**46**	**44**	**42**	**40**	**37**	**34**	**32**	**29**	**26**	**22**	**18**								
48	92	85	77	70	63	56	49	42	36	29	22	16	10	4						
46	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19	12	6							
44	92	84	75	68	60	52	45	37	29	22	15	8								
42	91	83	74	66	58	50	42	34	26	18										
40	91	82	73	65	56	47	39	30												
	38	**35**	**33**	**30**	**28**	**25**														

टिप्पणी : इस सारणी में ओसांक काले अंको में हैं ।

आपेक्षिक आर्द्रता (प्रतिशत)—°सें

शुष्क ताप-मापी का ताप °से	आर्द्र तापमापी में कमी (°से)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
50	94	89	84	79	74	70	65	61	57	53	46	40	33	28	22
45	94	88	83	78	73	68	63	59	55	51	42	35	28	22	16
40	93	88	82	77	71	65	61	56	52	47	38	31	23	16	10
35	93	87	80	75	68	62	57	52	47	42	33	24	16	8	
30	92	86	78	72	65	59	53	47	41	36	26	16	8		
25	91	84	76	69	61	54	47	41	35	29	17	6			
20	90	81	73	64	56	47	40	32	26	18	5				
15	89	79	68	59	49	39	30	21	12	4					
10	87	75	62	51	38	27	17	5							

परिशिष्ट—ज

ग्रीक वर्णमाला

ऐल्फा (a)	... ...	Α α		न्यू (n)	...	Ν ν
बीटा (b)	... ...	Β β		एक्साई (x)	...	Ξ ξ
गामा (g)	... ...	Γ γ		ग्रोमिक्रन (o)	...	Ο ο
डेल्टा (d)	... ...	Δ δ or ∂		पाई (p)	...	Π π
एप्साइलन (e)	... ...	Ε ε		रो (r)	...	Ρ ρ
ज़ीटा (z)	... ...	Ζ ζ		सिगमा (s)	...	Σ σ or ς
ईटा (h)	... ...	Η η		टाउ (t)	...	Τ τ
थीटा (th)	... ...	Θ θ		अप्साइलन (u)	...	Υ υ
आइग्रोटा (i)	... ...	Ι ι		फाई (ph)	...	Φ φ or
कैपा (k)	... ...	Κ κ		काई (ch)	...	Χ χ
लैम्डा (l)	... ...	Λ λ		साई (ps)	...	Ψ ψ
म्यू (m)	... ...	Μ μ		ओमेगा (o)	...	Ω ω

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4 4	9 8	13 12	17 16	21 20	26 24	30 28	34 32	38 37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4 4	8 7	12 11	15 15	19 19	23 22	27 26	31 30	35 33
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3 3	7 7	11 10	14 14	18 17	21 20	25 24	28 27	32 31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3 3	7 7	10 10	13 12	16 16	20 19	23 22	26 25	30 29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3 3	6 6	9 9	12 12	15 15	18 17	21 20	24 23	28 26
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3 3	6 5	9 8	11 11	14 14	17 16	20 19	23 22	26 25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3 3	5 5	8 8	11 10	14 13	16 15	19 18	22 21	24 23
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	3 2	5 5	8 7	10 10	13 12	15 15	18 17	20 19	23 22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2 2	5 5	7 7	9 9	12 11	14 14	16 16	19 18	21 21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2 2	4 4	7 6	9 8	11 11	13 13	16 15	18 17	20 19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5 47	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	3	3	4	5	6	7	8
52	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	2	3	4	5	6	7	7
53	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	2	3	4	5	6	6	7
54	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

टिप्पणी :—ये सारणियां ऐसे बनाई गई हैं कि लघुगणक के प्रयोग से प्राप्त चौथा अंक सर्वोत्तम 4-अंक अनुमान से एक इकाई नीचे या ऊपर से अधिक भिन्न नहीं होता। उदाहरण के लिए, अगर प्राप्त लघुगणक 0.5014 है तो सर्वोत्तम 4-अंक अनुमान 0.5013, 0.5014 या 0.5015 में से कोई एक होगा। इस प्रकार की विभिन्नताओं की एक समान सारणी के प्रयोग से इनमें सब कर सही उत्तर प्राप्त नहीं किया जा सकता।

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
10
9
7
6
5
4
3
2
1

MI4DPD/62—5,000—14-1-64—GIPF.